

# ÖSTERREICHISCHE BOTANISCHE ZEITSCHRIFT

Herausgegeben von

Professor Dr. Richard Wettstein  
Wien

Unter redaktioneller Mitarbeit von

Prof. Dr. Erwin Janchen und Prof. Dr. Gustav Klein  
Wien Wien

Band LXXIX, Erstes Heft

Mit 18 Textabbildungen

(Abgeschlossen am 31. Januar 1930)



Wien  
Verlag von Julius Springer  
1930

<b>Furlani Johannes</b> , Studien über die Elektrolytkonzentration in Böden I und II. (Mit 1 Textabbildung) .....	1
<b>Handel-Mazzetti Heinrich</b> , Bearbeitung der von E. Zugmayer in Tibet gesammelten Phanerogamen .....	32
<b>Klein Gustav</b> und <b>Zeller Alfred</b> , Der Nachweis des Cholins in der Pflanze	48
<b>Schüssnig Bruno</b> , Der Generations- und Phasenwechsel bei den Chlorophyceen. (Ein historischer Rückblick) .....	58
<b>Wilke Johanne</b> , Karyologische Untersuchungen an drei Saisonformen des <i>Alectrolophus hirsutus</i> . (Mit 17 Textabbildungen) .....	78
<b>Besprechung</b> .....	95
<b>PERSIDSKY B. M.</b> , The Development of the auxospores in the group of the <i>Centricae</i> ( <i>Bacillariaceae</i> ). .....	
<b>Akademien, Botanische Gesellschaften, Vereine, Kongresse usw.</b> .....	96
Zweiter Internationaler Kongreß für Bodenkunde.	
<b>Botanische Sammlungen, Museen, Institute usw.</b> .....	96
Geobotanisches Forschungsinstitut Rübel. — Neuere Exsikkatenwerke.	
<b>Personalaufschriften</b> .....	96

# Studien über die Elektrolytkonzentration in Böden I und II

Von  
Johannes Furlani (Wien)  
(Mit 1 Textabbildung)

## I. Methoden und Gang der Untersuchung

Über die Elektrolytkonzentration in Süßwässern, ihre Schwankungen und ihren jahreszeitlichen Verlauf geben uns die Untersuchungen RUTTNERS<sup>1</sup> im Gebiet der Lunzerseen Aufschluß. Es geht daraus die Bedeutung der Karbonatkonzentration der Gewässer für die CO<sub>2</sub>-Assimilation der Pflanzen hervor. Anderseits ist durch die Arbeiten THIENEMANN<sup>2</sup> u. a. über die Fauna norddeutscher Binnenseen die Bedeutung der Salzkonzentration des Seewassers für die Atmung mariner Organismen festgestellt worden, im Sinne einer Erleichterung der CO<sub>2</sub>-Abgabe mit steigender Salzkonzentration. SCHLIEPER<sup>3</sup> stellt neuerdings fest, daß das Puffersystem  $\frac{\text{Ca CO}_3}{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}$  auch für die Atmungsverhältnisse im Süßwasser eine Bedeutung habe. Mit steigender Elektrolytkonzentration des Wassers wächst die Menge des löslichen Monokarbonats, das dann die Atmungskohlensäure in Bikarbonate bindet. Es bestimmt also die vorhandene Karbonatmenge sehr wesentlich die Atmungsmöglichkeit, also Organismenmenge in einem Areal. Umgekehrt wird durch die produzierte Bikarbonatmenge wieder der Kohlenhydratstoffwechsel, also die Produktion und Menge der grünen Pflanzen im Areal bestimmt, wie RUTTNERS<sup>4</sup> Untersuchungen zeigen. Für die Ökologie im Areal scheint mir noch der Hinweis SCHLIEPERS (a. a. O.) auf die Abhängigkeit des Puffersystems  $\frac{\text{Ca CO}_3}{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}$  von der Außentemperatur von besonderer Wichtigkeit,

<sup>1</sup> RUTTNER, Das elektrolytische Leitvermögen des Wassers der Lunzer Seen. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph., 6, Suppl. Leipzig 1914.

<sup>2</sup> THIENEMANN in Festschr. f. HESSE. Zool. Jahrb., Abt. Allg. Zool. u. Physiol., 45, 1928.

<sup>3</sup> SCHLIEPER, Die biol. Bedeutung der Salzkonzentration der Gewässer. Die Naturwissenschaften, Heft 14, 1928.

<sup>4</sup> RUTTNER, Das elektrolytische Leitvermögen verdünnter Lösungen unter dem Einflusse submerser Gewächse. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, Bd. 130, 1921.

indem bei einer Erhöhung der Außentemperatur um 20° die Menge der Monokarbonate mehr als verdoppelt wird, daß also ein Salzwasser höherer Temperatur weit mehr Kohlensäure aufnehmen kann als ein solches niederer Temperatur. Es muß also in einer solchen Flüssigkeit bei steigender Temperatur die Atmung zufolge erhöhter Bikarbonatproduktion erleichtert werden.

In der Standortslehre und in der Soziologie liegt aus der jüngsten Zeit eine reichhaltige Literatur aus den verschiedenartigsten Gebieten der Erdoberfläche vor. Was den bodenkundlichen Anteil der Ökologie betrifft, so scheinen trotz der eingehenden chemischen und physikalischen Analysen des festen Substrates kaum zwingende Beziehungen zwischen Wohnort und Pflanze auf in der Weise, wie sie durch die ebengenannten Arbeiten auf hydrobiologischem Gebiete gefördert werden.

Dies hat seinen Grund darin, daß die ausschließliche Untersuchung des festen Bodenanteils gar nicht einer Beschreibung des Lebensortes der Wurzel der Landpflanze entspricht, denn die Lebensvorgänge in der Wurzelregion spielen sich in einem dispersen System von drei Phasen, fest — flüssig — gasförmig, ab. Während sich der Stoffaustausch der Wasserpflanze hauptsächlich in einem Lösungsgemisch von Elektrolyt-Gas vollzieht, steht die Landpflanze einem Spiel von kapillaren und Oberflächenreaktionen, mit dem Wechsel von Hydratationen, → Auflösungen und wieder umgekehrt Dehydrierungen gegenüber. Es bedarf also die Landpflanze ganz anderer motorischer und osmotischer Kräfte, um für eine Zeitspanne im Kampfe um die nötige Salz- und Wassermenge zu bestehen, als die Wasserpflanze in den viel weniger wechselvollen Außenbedingungen. Auch die reiche Literatur über die Wasserstoffionenkonzentration in Böden hat es bisher ganz unterlassen, auf den mit dem Wechsel der Außenbedingungen sich auch ändernden pH-Wert in vielen Böden acht zu haben. Darum haben die gefundenen Werte von pH nur einen Vergleichswert. Den Umstand, daß ein und derselbe Standort etwas sehr Wechselvolles, auch hinsichtlich der Elektrolytkonzentration sein kann, habe ich nur in den Arbeiten G. GOLAS<sup>5</sup> berücksichtigt gefunden.

Diese Untersuchungen fanden bis nun viel zu wenig Beachtung und auch ich ward auf dieselben erst während der Niederschrift dieser Abhandlung aufmerksam. Wenn auch seine Methoden der Elektrolytmengenbestimmung des Bodensaftes nicht einwandfrei sind, so kam er doch zu richtigen Beobachtungen, daß die Elektrolytlösungen mancher Böden von den übrigen edaphischen und klimatischen Faktoren abhängigen Schwankungen unterliegen. Er teilte darnach die Böden in eustatische, mit ziemlich gleichbleibender Konzentration der Bodenlösung, und in

<sup>5</sup> G. GOLA, Saggio di una teoria osmotica dell'edafismo. Ann. di bot., VIII, 1910.

anastatische mit Konzentrationsschwankungen der Bodenlösung, ein. Es ist nun klar, daß das Studium der gesamten Stoffwechselvorgänge, aber auch die Wasserversorgung und Transpiration der Pflanze nur in Beziehung gebracht zu diesen an manchen Standorten sehr großen Schwankungen der Elektrolytkonzentration, wie ich sie gefunden habe, richtige Ergebnisse fördert. Ich werde Gelegenheit haben, zu zeigen, daß gerade die größere oder geringere Empfindlichkeit des Bodensystems eines Standortes, die in den Schwankungen der Elektrolytkonzentration des Bodensaftes ihren besten Ausdruck findet, einen charakteristischen Faktor des Standortes uns gibt. Da wir die größere oder geringere Stabilität der Elektrolytkonzentration des kritischen Flüssigkeitsgemisches, als das wir den Boden als Standort der „Landpflanze“ im wesentlichen anzusehen haben, als bestes Charakteristikum des Milieus der Wurzelregion zu betrachten haben werden, so wird die Methode der Messung dieser Elektrolytkonzentration, wie sie von RUTTNER in die Hydrobiologie eingeführt wurde, als exakte Methode einer Standortsbeschreibung der Landpflanze, neben einer entsprechend abgeänderten Methode der pH-Bestimmung, zu verwenden sein. Ich habe diese Methode in der biologischen Station Lunz kennengelernt und bei den seit dieser Zeit fortgeführten Untersuchungen über Bodenlösungen angewendet. Die Elektrolytkonzentration der Bodenlösung wird durch ihr elektrolytisches Leitvermögen  $\alpha$ , als reziproker Wert des mit der WHEATSTONESchen Brücke gemessenen Widerstandswertes, angegeben. Außer der Brücke finden bei der Bestimmung mit der Wechselstrommethode ein Induktorium, ferner Widerstandsgefäß und Hörtelephon Verwendung. Versuche, die Leitfähigkeit des Bodens bzw. wässriger Extrakte zu bestimmen, liegen von LYMAN BRIGGS, KÖNIG und HASENBAUMER, H. R. ATKINS vor. Neuerdings haben R. GANSSEN und G. GÖRZ<sup>6</sup> mit einer von GÖRZ konstruierten Apparatur direkt im Boden die „relative Leitfähigkeit“ gemessen. Diese Methode ermöglicht nach Angabe der Autoren die Vergleichbarkeit gleichartiger Böden im gleichen Klima hinsichtlich der Elektrolytkonzentration. Aus diesem Grunde ist diese Methode für die ökologischen Untersuchungen größerer und verschiedenartiger Areale nicht verwendbar.

Doch bringen diese Arbeiten ein wertvolles Ergebnis:

Die Abhängigkeit der Elektrolytkonzentration des Baumsaftes von Waldbäumen in Nordwestdeutschland ist von der Bodensaftkonzentration abhängig, indem mit steigender Elektrolytkonzentration des Bodensaftes die Konzentration des Baumsaftes steigt und stets höher ist als

<sup>6</sup> GANSSEN und GÖRZ, Der Einfluß des Nährstoffgehaltes und der Azidität des Bodens auf das Wachstum der Holzarten. Mitt. Labor. Preuß. Geol. Landesanstalt, 5, 1926.

jene. Ein Waldbestand ist mit höherer Elektrolytkonzentration des Bodens gutwüchsiger.

Bei Untersuchung der Elektrolytkonzentration der Bodenflüssigkeit müssen die beiden Komponenten derselben, das ist das kapillar festgehaltene Wasser und das freie, stagnierende oder in Bewegung befindliche, getrennt behandelt werden. Ich vermeide den Ausdruck Sickerwasser, denn der wesentliche Unterschied in ökologischer Hinsicht liegt nach meinen Erfahrungen zwischen der Flüssigkeit, die unmittelbar an den Vorgängen des Systems Boden beteiligt ist, und jener eventuell noch vorhandenen Flüssigkeit, die erst durch Diffusionsprozesse aus dem Kapillarwasser mittelbare Beeinflussung vom festen Boden erfährt. Den Ufer- und Quellfluren kommt während der ganzen Vegetationsperiode freies Wasser zu. Abseits von strömenden und stehenden Gewässern kommt der Vegetation freies Wasser nur zeitweilig, vorwiegend im Frühjahr und Herbst zu. Ich habe oft Gelegenheit gehabt, zu beobachten, wie wenig selbst längere Regenperioden, mit Ausnahme von sandigen Böden, im Sommer bei höheren Bodentemperaturen imstande sind, den Wasserhaushalt tieferer Bodenschichten, in der Wurzelregion von Sträuchern und Bäumen zu beeinflussen. Diese steht hauptsächlich unter dem Einfluß des Schmelzwassers und des Regens bei tiefen Temperaturen im Frühjahr und im Herbst. Das Wasser, das der Pflanzenwurzel vom Frühjahr an an allen Standorten während der ganzen Vegetationsperiode zur Verfügung steht, bis zur Erschöpfung des Vorrates durch Absaugung und durch die Verdunstung an der Erdoberfläche, ist das kapillar gebundene. Die aus den Bodenkapillaren während der warmen Jahreszeit schöpfenden Wurzelhaare der Trockenlandpflanze, die an der Bodenkrume festkleben, bedürfen in dieser Jahreszeit ganz anderer Saugkräfte als in der kalten, oder als die „sorgenfreien“ Uferformationen. So ist auch für den Forscher die Gewinnung dieses Teiles der Bodenflüssigkeit mit nicht geringen Schwierigkeiten verbunden. Der Boden enthält aber noch einen dritten Anteil an Flüssigkeit. Es ist das Quellungswasser. Dieser hygroskopisch festgehaltene Anteil, der zur Hydratation-Hydrolyse der festen Bodenteile führt, tritt mit der Pflanzenwurzel in nicht extrem ariden Gebieten in der Regel wohl nicht in direkte Beziehungen. Es erscheint mir wesentlich, bei Untersuchungen der Bodenflüssigkeit gerade diesen letzteren Anteil von der übrigen Flüssigkeit zu trennen, da er ja höchst konzentrierte Minerallösungen aus dem oberwähnten Grunde darstellen muß. Das konnte ich aus Versuchen mit dem Gefrieren von Böden in flüssiger Luft entnehmen, wo die hernach untersuchte Bodenflüssigkeit eine so starke Veränderung erfahren hat, sowohl im  $\alpha$  wie im pH-Werte, daß der Boden als etwas total Verschiedenes erschien. Weil durch das Zerreißen der Gele und das Austreten von Lösungen, die in feinsten Sprüngen festgehalten wurden, das Kapillar-

wasser zu sehr verändert wird, habe ich die Methoden abgelehnt, wie sie von den Bodenforschern angewendet werden, um Bodenpreßsäfte zu gewinnen, so auch von GOLA (a. a. O.) eine starke hydraulische Presse, von Amerikanern hochtourige Zentrifugen. Ich war bestrebt, die feinere Struktur des Bodens beim Absaugen des Bodensaftes zu schonen. Umgekehrt machte ich die Erfahrung, daß die Mitnahme einer beschränkten Menge von freier Bodenflüssigkeit, wenn die Probe etwa einen Tag lang bei einer bestimmten Temperatur gehalten wurde, keine Veränderung der Leitfähigkeit des untersuchten Kapillarwassers zur Folge hatte; dies war auch nicht der Fall, wenn etwas destilliertes Wasser einer Probe zugesetzt worden war, worüber noch später abgehandelt werden wird.

Die im Sommer 1921 in der biologischen Station Lunz begonnenen Untersuchungen dortiger subalpiner und alpiner Böden wurden dort in verschiedenen Jahreszeiten fortgeführt und wiederholt. Ferner habe ich Böden aus der Wiener Umgebung untersucht. Es wurden aus dem Gebiete des Wienerwaldes (Flysch und Kalk) vom Wiener Berg (Löß und Tegel), aus der Lobau (Alluvialboden), von der böhmischen Masse bei Artstetten (Gneiße), vom Hochwechsel (Schiefer) mit dem Jahreszeitenablauf, bei verschiedener Wetterlage Proben entnommen, in Glastuben eingebracht und sofort untersucht. Es ist wichtig, die Proben so rasch als möglich zu untersuchen, dann erhält man vom selben Standort gut zusammenpassende Werte von  $\alpha$ . Material, das seit längerer Zeit vom gewachsenen Boden entfernt ist, kann dem Erfahrenen immer noch Vergleichswerte zu gut bekannten, ähnlichen Böden ergeben. Das gilt auch für die pH-Untersuchungen, die, wenn sie absolute Zahlenwerte ausdrücken sollen, nur mit noch nicht eingetrocknetem Boden vorgenommen werden dürfen. Ist das Material während des Transportes einer stärkeren Erwärmung ausgesetzt worden, so ist es notwendig, es für einen Tag in offenem Gefäß in einem Wasserbad, das Eintrocknen verhindert, zu kühlen..

Einzelne Proben wurden zu Vergleichszwecken auch aus entfernteren Gebieten eingebracht, so Böden aus dem istrischen Karste, vom Apennin, vulkanische Böden aus der Umgebung von Rom, vom Vesuv, Etna; aus den Monti Peloritani aus der Gegend von Agrigento.

Der Verschluß der Gefäße, in denen die Proben eingebracht werden, darf bei Böden mit reicherer Gasproduktion kein die Diffusion in die Atmosphäre zu sehr erschwerender sein. Die Aushebung der Bodenproben selbst erfolgte für höher liegende Wurzelerden mit einem Pflanzenstecher, für tiefer liegende mit einem Bodenbohrer<sup>7</sup> (1 m l).

Während die Leitfähigkeitsuntersuchungen der Lunzer Böden in der Lunzer Station vorgenommen wurden, wo mir ein PLEISSNERScher

<sup>7</sup> Hergestellt von Herrn KARL HERMANN, Mechaniker der biologischen Station Lunz.

Apparat zur Leitfähigkeitsbestimmung zur Verfügung stand, wurden die Böden von den übrigen Standorten im II. physikalischen Universitäts-institute in Wien untersucht. Hier bestand die Apparatur aus einer Zusammenstellung von Widerstandsgefäß, WHEATSTONE-Brücke, Induktorium und Telephon<sup>8</sup>.

Meine Untersuchungen begannen damit, daß ich die Konzentration von Bodenlösungen von verschiedenen Standorten verglich. Von den Bodenproben, die zur Entfernung größerer Bodenteile mit einem 2-mm-Sieb behandelt waren, wurden mit gleichen Mengen Regenwassers, das aufgefangen worden war, dann mit destilliertem Wasser Aufschwemmungen hergestellt, die in gleichen, zugedeckelten Glaszylindern aufgestellt wurden. Von den Aufschwemmungen, die häufig durchschüttelt wurden, filtrierte ich täglich durch Papierfilter die Flüssigkeit ab und bestimmte ihre Leitfähigkeit. Die Lösungen gaben gut unterscheidbare Werte für  $\alpha$ . Die  $\alpha$ -Werte wurden, auf die Temperatur von 18° korrigiert auf 2 Dezimalen gerechnet, angegeben  $\times 10^{-4}$ , wie dies üblich ist.

$$\alpha_t = \left( \frac{\text{Kapazität der Elektrode}}{\text{gemess. Ohmwert}} \right)$$

Ich arbeitete zuerst mit stark verdünnten Lösungen, indem ich zu 40 g Boden 200 ccm Wasser zusetzte. Die Leitfähigkeit der Lösung stieg hier 10 bis 14<sup>d</sup>, bis ein Gleichgewichtszustand eintrat. War schon während der täglichen Konzentrationsmessungen durchaus nicht ein andauerndes oder gar gleichmäßiges Steigen der  $\alpha$ -Werte zu beobachten, indem an manchen Tagen die Konzentration sogar sank, was ich anfänglich als Fehlbeobachtungen deutete, so zeigte sich, nachdem das Maximum der Konzentration erreicht war, unter Umständen ein Fallen und dann wieder Steigen der  $\alpha$ -Werte. Schließlich kam ich zur Überzeugung, daß diese Schwankungen in der Konzentration, da sie auch kein gleichmäßiges Pendeln um einen Mittelwert darstellten, auf die Wirkung von Außenfaktoren zurückgeführt werden müßten, die keinem regelmäßigen Wechsel unterlagen. Es finden also zwischen kleineren Mengen Boden und großen Mengen freien Wassers freier Atmosphäre lange dauernde Austauschprozesse statt, bis schließlich ein Gleichgewichtszustand eintritt. In strömendem Wasser wird ein Gleichgewichtszustand: Boden mit Kapillarwasser → freies Wasser überhaupt nicht erreicht werden.

Bei späteren Versuchen wurden zu 100 g Boden 100 ccm Wasser zugesetzt. Diese konzentrierteren Lösungen kamen bereits nach 1 bis 2<sup>d</sup> ins Gleichgewicht. Da machte ich die Erfahrung, daß die  $\alpha$ -Werte der

<sup>8</sup> Für die mir durch die ganzen Jahre gewährte Arbeitsmöglichkeit bin ich den Herren Hofrat Prof. Dr. GUSTAV JÄGER, Prof. Dr. EDUARD HASCHEK, Prof. Dr. ADOLF SMEKAL, Doz. Dr. GERHARD KIRSCH zu besonderem Danke verpflichtet.

Lösungen der Wurzelerden von *Glechoma hederacea* und *Ajuga reptans* von einem sonnigen Hang aus der Gegend von Baden, die in zwei aufeinanderfolgenden Wochen vom gleichen Standorte eingebraucht worden waren, nicht in Einklang zu bringen waren. Die Leitfähigkeit war an einem Tage im geheizten Laboratorium bestimmt. Die entnommene Flüssigkeit wurde, wie immer, zur Bodenaufschwemmung wieder zurückgegossen. Als ich am folgenden Tage, einem kalten Frühjahrssonntage, die Mischung im ungeheizten Raume (die Lufttemperatur war von 16° auf 6,5° gesunken) wieder vornahm, war auch die Konzentration deutlich vermindert. Die Erklärung für die obgenannten Konzentrationsschwankungen war gefunden, sie entsprachen Temperaturschwankungen. Ich stellte nun Parallelversuche an, indem ich von derselben Bodenprobe die eine Aufschwemmung in tiefer, den Parallelversuch in hoher Temperatur hielt. Der Unterschied der Resultate solcher Parallelversuche war in Hinkunft bei gewissen Böden so ausgeprägt, daß man sie schlechthin für ganz verschiedene Böden halten konnte gegenüber anderen, die temperaturunempfindlich schienen. Diese Beobachtungen schienen mir für die Ökologie so wichtig, daß ich der Beziehung Elektrolytkonzentration — Temperatur bei den weiteren Arbeiten mein Hauptaugenmerk zuwendete. In diesem verschiedenen Verhalten verschiedener Standorte gegenüber der Außentemperatur, also auch gegenüber ihrem Jahresgange, schien mir eine wichtige Eigenschaft des Standortes sich auszudrücken. Mein Streben ging dahin, an Stelle der Untersuchung von Lösungen, die ich zwei Jahre hindurch untersuchte, nun die Konzentration des zweiten Anteiles der Bodenflüssigkeit, des Kapillarwassers, feststellen zu können. Versuche mit Bodenpreßsaft, gewonnen aus dem Zerdrücken von Bodenmaterial mit einer starken Spindelpresse, ergaben je nach dem Zustande des Bodens und dem eben verschieden starken Drucke, dem bei dieser Methode die Proben ausgesetzt werden, recht schwankende Leitfähigkeitszahlen.

Da nun kam uns die schon oben angeführte Erfahrung zu statthen, daß man, mit Ausnahme von ausgesprochen grobkörnigen Böden, zu einer gewogenen Bodenmenge eine gemessene Menge destillierten Wassers zusetzen kann, ohne die elektrolytische Leitfähigkeit ihrer Kapillarflüssigkeit merklich zu ändern. So konnte ich hoffen, einen Weg zu finden, um mit nicht zu großen Bodenmengen genügende Mengen der Kapillarflüssigkeit zur Untersuchung zu erhalten.

Immerhin war es anderseits notwendig, zur Messung der elektrolytischen Leitfähigkeit ein Widerstandsgefäß zu bauen, das das Arbeiten mit möglichst wenig Lösung gestattete. Die nachstehende Abb. 1 zeigt dieses Gefäß, das aus Edelresan herausgebohrt, aus drei ineinander schraubbaren Stücken besteht<sup>9</sup>. Boden und Deckel tragen die beiden

<sup>9</sup> Das Widerstandsgefäß wurde von Herrn JOHANN GOLDMANN, Mechaniker am II. physikalischen Univ.-Institut, Wien, hergestellt.

Platinelektroden, die einen Durchmesser von 1,10 cm haben, ihre Entfernung voneinander, wenn die Gefäßteile zur Untersuchung zusammengeschraubt sind, beträgt 0,13 cm. Die eingeschlossene Flüssigkeitssäule hat also ein  $V = 0,12$  ccm. Mit entsprechendem Flüssigkeitsverlust beim Arbeiten brauchte ich zum Bestimmen des  $\alpha$  einer Flüssigkeitsprobe 0,2 ccm derselben. Es war möglich, eine solche Flüssigkeitsmenge aus einer nicht zu großen Bodenmenge zu erhalten. Bei diesem geringen Volumen mußte die Flüssigkeit rasch die Temperatur des Gefäßes annehmen. Man brauchte also die Flüssigkeit im verschlossenen Gefäß nur einige Minuten stehen zu lassen, bis sich der abgelesene Widerstand nicht mehr verschob. Man konnte die Temperatur ablesen, indem man ein Thermometer in die entsprechend ausgebohrte Klemme am Apparat schob, aber man könnte es auch in eine napfförmige Vertiefung im Deckel des Widerstandsgefäßes stecken.

Diese Vorsicht ist ganz überflüssig, denn die auf Zehntelgrade abgelesene Temperatur des Widerstandsgefäßes entspricht auch wieder der

Lufttemperatur. Es genügt einfach ein Luftthermometer neben das Widerstandsgefäß hinzustellen und abzulesen. Das Einführen des Thermometers in die Flüssigkeit ist nur bei größeren Widerstandsgefäßen und größeren, verwendeten Flüssigkeitsmengen notwendig. Die Kapazität dieses Widerstandsgefäßes ergab  $C = 0,1438$ .

Die Messungen mit diesem kleinen Widerstandsgefäß wurden mit den Messungen mit dem PLEISSNER-Apparat der Lunzer Station und in Wien mit einem größeren Widerstandsgefäß des physikalischen Institutes verglichen, das ich früher verwendete.  $\alpha_{18}$  des Wiener Leitungswassers bestimmte sich mit beiden Elektroden auf 2,24 bzw. 2,23, die Messungen des Leitungswassers der Lunzer biologischen Station ergaben  $\alpha_{18} = 2,39$  gegen 2,40. Es zeigt sich, daß die von der Theorie geforderte Übereinstimmung von Leitfähigkeitsmessungen in minimalen Flüssigkeitsmengen mit den Messungen in größeren Mengen auch in der Praxis vorhanden ist. Hiemit ist dieser Methode der elektrolytischen Leitfähigkeitsuntersuchungen, als einer sehr exakten und leicht zu handhabenden Methode, nicht nur auf dem Gebiete der Ökologie, sondern wohl auch auf dem Gebiete der Untersuchungen von Stoffwechselvorgängen in kleinen Räumen ein weites Anwendungsbereich erschlossen.

Zur Gewinnung der kapillar festgehaltenen Bodenflüssigkeit konnten zwei Wege gegangen werden, die die Verhältnisse im Bodensystem nicht

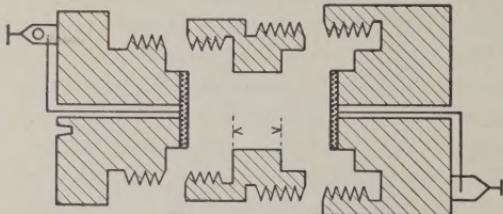


Abb. 1. Widerstandsgefäß

zu sehr änderten. Es konnten die das Wasser bindenden Kräfte durch etwas größere kapillare Saugkräfte überwunden werden und es konnte die Methode der Zentrifugierung angewendet werden, jedoch mit nicht gar zu hoher Tourenzahl. Vor allem kam die Methode der Filtration durch poröse Platten, wie sie heute ganz allgemein von den Chemikern verwendet wird, in Betracht. Die Bodenprobe kommt in einen Porzellanfilter (ich fand die Berliner Filter 2 A am vorteilhaftesten), der mit Gummidichtung in eine Glastulpe schließt, die wieder mit Gummistopfen gedichtet in eine Saugflasche mündet, in die eine Eprouvette zum Auffangen der abgesaugten Flüssigkeit gestellt ist. Mit einer Wasserstrahlpumpe wird evakuiert, die in die Eprouvette herabgetropfte Bodenflüssigkeit ist dann zur Untersuchung bereit. Selbstredend müssen die Filter vor jeder Untersuchung sorgfältig gewaschen werden. Nach einer Behandlung mit Chrom-Schwefelsäure wurde so lange mit destilliertem Wasser gewaschen, bis der Filter die Leitfähigkeit des durch ihn durchgesaugten destillierten Wassers nicht mehr erhöhte. Das ist bei dieser Methode die zeitraubendste Arbeit. Verwendet man den so gereinigten Filter zum Absaugen der Bodenflüssigkeit, so vermindert der Filter durch Adsorption die Menge der darin gelösten Elektrolyte. Ich fand ein Maximum bis zu rund 14%. Da diese bei verschiedenen Proben keineswegs gleich bleibt, so würde dieser Fehler begreiflicherweise genügen, um die ganze Methode unbrauchbar zu machen. Doch konnte ich diesen Fehler folgendermaßen vollkommen eliminieren. Neben den abzusaugenden Bodenproben wurde mit einer gewissen Menge desselben Bodens eine Lösung hievon bereitgestellt (bei derselben Temperatur). Diese wurde durch den zu verwendenden reinen Filter so lange durchfließen gelassen, bis er die Leitfähigkeit der Flüssigkeit nicht mehr veränderte. So hatte ich ein Kapillarsystem aus denselben Substanzen erhalten, durch welches die zu untersuchende Flüssigkeit vollkommen unverändert passierte. Auch mit Indikatoren vorgenommene pH-Bestimmungen ergaben Unverändertheit, sobald das  $\alpha$  nicht mehr verändert wurde. Nun verblieb nur noch eine Fehlerquelle: Die Möglichkeit einer Änderung der Bodenlösung während der Absaugung. Bei wärmeempfindlichen Böden (siehe Vorangehendes) konnte ich tatsächlich die Erfahrung machen, daß, wenn das Temperaturintervall zwischen Versuchstemperatur, bei der die Proben 1 bis 2<sup>d</sup> gehalten wurden, und Lufttemperatur des Arbeitsraumes, in dem abgesaugt wurde, ein zu großes war, Schwankungen in der Konzentration festgestellt werden konnten. Es gelang, diese Störungen auf ein mögliches Minimum zu bringen: dadurch, daß die Manipulationen bei der Absaugung der Bodenlösung möglichst rasch durchgeführt wurden; ferner wurden die Filtergefäße vorher auf die Versuchstemperatur gebracht und während der Absaugung bei Versuchen, die auf die Temperatur des fließenden Wassers gekühlt waren (10°), eine Kühlslange

um Tulpe und Filter gelegt, bei den Proben, die auf 30° gehalten waren, wurde das etwas höher erwärmte Gefäß während der Dauer der Absaugung mit der Hand umschlossen gehalten. So konnte ich mir für zwei Temperaturen helfen. Bei künftigen Untersuchungen wird es unbedingt notwendig sein, um zu bestimmten Temperaturen sichere  $\alpha$ -Werte zu erhalten, die Absaugungen der Bodenflüssigkeiten im Thermostaten bzw. Frigidaire selbst vorzunehmen, aus dem dann nur der Vakuumschlauch zur Wasserstrahlpumpe zu führen ist. Aus diesem Grunde kann ich mir die Gewinnung von Bodenflüssigkeiten mit anderen Methoden nicht gut vorstellen. Ich habe noch versucht, den Bodensaft mit einer ALTMANNSchen Zentrifuge<sup>10</sup> zu gewinnen. Ich wünschte die Konzentration der mit meiner Methode gewonnenen Bodensafte mit der Konzentration von durch Zentrifugierung gewonnenen zu vergleichen. Die Tourenzahl obiger Zentrifuge war regulierbar. Es zeigte sich, daß bei einer Tourenzahl von 3000 bis 3200 die  $\alpha$ -Werte von Proben, die bei Lufttemperatur gehalten waren, sehr gut übereinstimmten. Bei einer Erhöhung der Tourenzahl auf zirka 4000 trat eine Erhöhung der  $\alpha$ -Werte ein. Vielleicht ging hier sonst in feinsten Rissen des Bodenskeletts festgehaltene Substanz in Lösung. Hat man Proben gefrieren lassen, so tritt auch eine deutliche Erhöhung der Konzentration der nach meiner Methode abgesaugten Lösung ein.

Diese Versuche bezogen sich auf einen humösen Lehmboden des Fagetums in der Gegend des Hermannskogels bei Wien.  $\alpha$  durch Absaugung = 1,05, durch Zentrifugierung (3000 Touren) = 1,19, bis 4000 Touren = 1,49.

Die Methode der Zentrifugierung wird in Hinkunft sicher wertvolle Aufschlüsse gerade hinsichtlich jener am zähesten festgehaltenen Bodenflüssigkeit jenem dritten Anteil ergeben, jedoch muß sie neben der Methode zur Feststellung des weniger fest gebundenen Bodenanteils gehandhabt werden. Besonders wenn man stufenweise die Tourenzahl erhöht und die Konzentration der Flüssigkeit immer wieder feststellt. In dieser Weise wäre mit hochtourigen Zentrifugen zu arbeiten, die in Wien nicht zur Verfügung stehen. Wie ich ausgeführt habe, sind zum Arbeiten mit meinem Widerstandsgefäße rund 0,2 ccm Flüssigkeit notwendig. Zufolge der Verluste beim Herabtropfen durch das Rohr der Tulpe (Verdunstung ist dadurch behoben, daß in der Saugflasche, in der die Eprouvette zum Auffangen steht, stets destilliertes Wasser freisteht) muß man rechnen, daß man mindestens 0,4 ccm Bodenflüssigkeit absaugen muß. Aus einer entsprechend großen Menge regennassen Bodens bietet das keine Schwierigkeit. Aus einem trockenen Boden auch nur

<sup>10</sup> Diese stand mir im Institut von Prof. Dr. HEINRICH ZIKES an der Technischen Hochschule Wien zur Verfügung, wofür ich hier meinen besonderen Dank sage.

diese Quantität kapillaren Wassers zu gewinnen, bietet große Schwierigkeit. Ich experimentierte deshalb folgendermaßen: Nach ausgiebigem Regen und besonders zur Zeit der Schneeschmelze nahm ich in Lunz (sandigerer Boden neben der biologischen Station, lehmigerer der „Narzissenwiesen“, oberhalb der Station), entsprechende Mengen Boden, aus dem die nötige Flüssigkeitsmenge abgesaugt werden konnte. Daneben setzte ich Proben mit destilliertem Wasser zu und stellte dann fest, eine wie große Wassermenge eine gewogene Bodenmenge noch vertrug, ohne daß die Leitfähigkeit der Lösung geändert werde. In die Porzellanfilter gingen 15 bis 18 g Boden leicht hinein, und so arbeitete ich bei diesen Versuchen mit 18 g Boden. Die Proben kamen in gut gewaschene Porzellschalen. Die Proben kamen dann in eine feuchte Kammer und diese wurde der betreffenden Temperatur, 10° bzw. 30°, 1<sup>d</sup> bis 2<sup>d</sup> ausgesetzt. Den Proben aus der Schneeschmelzezeit konnten 3 ccm destilliertes Wasser ohne jede Änderung der Konzentration des Kapillarwassers zugesetzt werden. Von den gleichen Stellen wurden zur Zeit der Narzissenblüte (Ende Mai) wieder Proben entnommen und die gleichen Versuche wiederholt. Jetzt, da der Boden trockener war, konnten der gleichen Bodenmenge 5 ccm Wasser zugesetzt werden, ohne Änderung der Konzentration des Kapillarwassers. Erst bei noch größerem Wasserzusatz, etwa 7 ccm, wurde die Herabsetzung der Konzentration  $\approx$  um 0,02 bis 0,03 ersichtlich, welche aber immer noch innerhalb der Fehlerngrenze liegt. Entsprechende Versuche wurden auch mit Böden aus der nächsten Umgebung von Wien gemacht. Ich nahm Wald- und Wiesenboden vom Dreimarkstein, aus der Kobenzl-Hermannskogel-Gegend und vom Parapluiberg vor. Ich verglich Stellen, die längere Zeit in geschützter Lage Schnee gehalten hatten, mit offenen Stellen. Das Ergebnis war, daß an aperen Stellen etwas mehr Wasser bis zur Konzentrationsänderung des Kapillarwassers zugesetzt werden konnte als an verschneiten. Allgemein kann während Trockenperioden bis zur Konzentrationsänderung auch entsprechend mehr Wasser zugesetzt werden als während nasser Perioden. Wird den Proben mehr Wasser zugesetzt, so ist eine gewisse Menge freien Wassers vorhanden. Der Abfall der Leitfähigkeit dieses freien Wassers ist nun ein relativ großer gegenüber den Veränderungen des  $\approx$  im Kapillarwasser, bei Steigerung der der Probe zugesetzten Wassermengen. Diese Feststellungen scheinen uns für die Methodik der Untersuchungen ebenso wichtig wie für die Standortscharakteristik. Man kann den Böden unseres Wald-Wiesen-Gebietes pro 18 g ruhig 4 ccm Wasser jederzeit zusetzen, man hat in einigen Stunden wieder die ursprüngliche Konzentration der Kapillarflüssigkeit erreicht und erhält mit nicht zu großen Bodenmengen eine genügende Flüssigkeitsmenge nach rascher Absaugung. Selbst wenn soviel Wasser zugesetzt wird, daß freies Wasser in der Probe nach einigen Stunden Dauer des Versuches

sichtbar wird, wird nach Abgießen dieses freien Wassers und leichterem Abtrocknen der Probe mit Filterpapier die dann mit der Apparatur abgesaugte Flüssigkeit immer noch die  $\alpha$ -Charakteristik erkennen lassen. Es wird also bei diesen Wald-Wiesen-Böden Mitteleuropas, die im Sinne GOLAS (a. a. O.) als eustatische zu betrachten sind, durch die größtmöglichen Niederschlagsmengen nur eine äußerst langsame Verschiebung der Konzentration statthaben. Nicht eustatisch sind viele dieser Böden jedoch hinsichtlich der Temperatur. Die Steppenböden verhalten sich hievon verschieden. Diese sind anastatisch, d. h. empfindlich hinsichtlich der zugesetzten Wassermenge.

Ich bin dann auch den umgekehrten Weg gegangen, um die Änderung der Elektrolytkonzentration mit der abnehmenden Wassermenge bei Verdunstung festzustellen, indem ich Proben ohne feuchte Kammer in den Thermostaten brachte. Ich setzte einer Anzahl von Proben aus dem Hermannskogelwalde 10 ccm Wasser zu und beobachtete nach 7, 17, 26 und 42 Stunden; also mit durch die fortdauernde Verdunstung abnehmender Bodenflüssigkeitsmenge. Die Proben nach 7 Stunden hatten ein deutlich niedrigeres  $\alpha$  (Differenz 0,1 bis 0,08) gegenüber 17 Stunden. Die Differenz von 17 auf 26 Stunden betrug nur mehr 0,05, 26 und 42 Stunden verhielten sich gleich.  $\alpha$  der Kapillarflüssigkeit dieser Bodenproben war wie auch in den vorhergehenden Versuchen = 1,05. Es geht daraus die relative Unempfindlichkeit der Kapillarflüssigkeit der Waldwiesenböden der mitteleuropäischen Montanstufe gegenüber den Schwankungen des Wassergehaltes hervor — solange der Boden nicht der Austrocknung ausgesetzt war. Läßt man solche Bodenproben längere Zeit trocknen — ich ließ solche Proben drei Wochen lang ausgebreitet auf dem Dache des physikalischen Institutes im Schatten liegen —, so zeigt der Boden, offenbar nachdem wenigstens ein Teil des Kapillarwassers abgedunstet war, ein verändertes Verhalten. Bei Wasserzusatz nimmt  $\alpha$  des freien Wassers rasch zu, um dann nach weiterer Waschung wieder zu fallen. Auch die Kapillarflüssigkeit zeigt ein anastatisches Verhalten, das nach deutlicher Verminderung der Konzentration wieder abklingt.

Auch bei künftigen Elektrolytbestimmungen von Bodensäften werden derartige Vorarbeiten mit Nutzen durchgeführt werden, weil sie nicht nur methodisch den Gang der Untersuchung bestimmen, sondern weil ja damit auch wichtige Eigenschaften eines Bodens selbst angegeben werden.

Neben diesen Konzentrationsbestimmungen suchte ich wenigstens die ungefähre Lage des pH der Bodenlösungen zu bestimmen. Da ich diese gesamten, sehr viel Zeit in Anspruch nehmenden Arbeiten durchwegs allein durchführte, so mußte ich mich hinsichtlich der pH-Bestimmung auf das Arbeiten mit MERCKS Universalindikator und mit dem amerikanischen B. D. H.-Indikator beschränken, die beide die pH-

Änderungen bloß mit 0,5 Genauigkeit angeben. Aber auch bei dieser ungefähren Schätzung des pH zeigte sich, jeden Zweifel ausschließend, eine deutliche Abhängigkeit des pH von der Versuchstemperatur entsprechend der Abhängigkeit des  $\alpha$ , bei manchen Böden.

Es mußte deshalb mein Bestreben sein, die Ursachen der Temperaturempfindlichkeit von Böden aufzudecken, ob solche nur ein Ausdruck der Lebenstätigkeit der Bodenorganismen sei, oder ob auch unabhängig davon die Lösungs- bzw. Adsorptionsgröße der Elektrolyte in bezug auf die festen Bodenteile durch die Temperatur beeinflußt werden. Da ich in der kolloidchemischen Literatur keinen Aufschluß darüber fand, so suchte ich selbst durch Modellversuche über die Konzentration von einfachen Elektrolytlösungen in Aufschwemmung mit Adsorbentien, die im Boden vorkommen, bei den zwei mir zur Verfügung stehenden Temperaturen, Aufschluß zu erhalten.

## II. Versuche über die Konzentration von Elektrolytlösungen in gröberen Dispersionen bei verschiedener Temperatur

Auch diese Versuche wurden teilweise in der biologischen Station in Lunz, teilweise im II. physikalischen Universitätsinstitute in Wien, durchgeführt. Apparatur und Methode der Untersuchung waren dieselben, wie sie im I. Abschnitte dieser Studien geschildert wurden. Ich mußte mich auf Versuche bei zwei Temperaturen ungefähr 10° und ungefähr 30° beschränken. Aus diesem Grunde mußte ich auf eine Darstellung der Konzentrationsänderungen mit der Änderung der Temperatur auf graphischem Wege verzichten. Es muß nachdrücklich betont werden, daß die im folgenden angeführten  $\alpha$ -Werte nur einen beweisenden Wert für die Wärmeempfindlichkeit von dispersen Systemen haben, keine absoluten Werte darstellen. Absolute  $\alpha$ -Werte werden die Tatsache der Wärmeempfindlichkeit nur noch stärker hervortreten lassen.

Es wurde das Adsorbens — zur Verwendung kamen Quarzsand, Kaolin, Eisenhydroxydgel, Kohle, Torf — gewogen, mit einer gemessenen Menge Elektrolytlösung vorher bestimmter Konzentration  $\alpha$  und bestimmten pH, in einer Porzellanschale angesetzt, in feuchter Kammer vor Verdunstung geschützt und eine entsprechende Zeit bei obigen Temperaturen gehalten, hierauf wurde nach dem im I. Abschnitte beschriebenen Verfahren die Elektrolytlösung vom Adsorbens rasch abgesaugt,  $\alpha$  und pH derselben bestimmt.

### A. Versuche mit Quarzsand

Zur Verwendung kam ein Quarzsand (KAHLBAUM, Berlin, gewaschen und geäugt). Nichtsdestoweniger zeigte er eine Leitfähigkeit  $\alpha = 1,39$ , pH 6, mit gleichen Gewichtsteilen  $H_2O$  von 0,06, pH 5, angesetzt. Das ist ein  $\alpha$ -Wert, der etwa den Flysch-Böden entspricht.

Es wurde daher der Sand durch Durchfließenlassen von heißem Wasser gereinigt. Der Umstand, daß der hiefür verwendete Filter verschlemmte, scheint dafür zu sprechen, daß dem Quarz Kieselsäuren anhafteten. So war es auch nicht möglich, die durchfließende Lösung unter die Leitfähigkeit  $\alpha = 0,1$  zu bringen.

1. Zu 6 g Quarzsand 4 ccm  $\text{K}_2\text{CO}_3$ -Lösung ( $\alpha = 0,26$ , pH 8,5) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 16 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 0,43, \text{ pH 7,5,} \\ 30^\circ \dots 0,67, \text{ pH 7.} \end{cases}$$

2. a) Zu 6 g Quarzsand 4 ccm  $\text{K}_2\text{CO}_3$ -Lösung ( $\alpha = 14,30$ , pH 10) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 10 Std. } \begin{cases} \text{bei } 10^\circ \dots 8,47, \text{ pH 9,} \\ \text{bei } 30^\circ \dots 8,30, \text{ pH 9.} \end{cases}$$

β) Nach erfolgter Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden dem

$$\text{Sande 4 ccm } \frac{\text{Ca CO}_3}{\text{Ca}(\text{HCO})_3} = \text{Lösung } (\alpha = 1,04 \text{ pH 8}) \text{ zugefügt:}$$

$$\alpha \text{ der Lösung nach 12 Std. } \begin{cases} \text{bei } 10^\circ \dots 2,25, \text{ pH 8,} \\ \text{bei } 30^\circ \dots 1,93, \text{ pH 8,5.} \end{cases}$$

γ) Nach erfolgter Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden dem Sande 4 ccm  $\text{Fe(OH)}_3$  Aufschwemmung ( $\alpha = 0,40$ , pH 7) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 10 Std. } \begin{cases} \text{bei } 10^\circ \dots 1,05, \text{ pH 5,} \\ \text{bei } 30^\circ \dots 0,54, \text{ pH 7.} \end{cases}$$

δ) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  nochmals 2 ccm  $\text{H}_2\text{O}$  zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 10 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 0,50, \text{ pH 7,} \\ 30^\circ \dots 0,81, \text{ pH 5,5.} \end{cases}$$

3. a) Zu 10 g Quarzsand 4 ccm  $\text{K}_2\text{CO}_3$ -Lösung ( $\alpha = 76,26$ , pH 10) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 24 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 64,68, \text{ pH 10,} \\ 30^\circ \dots 59,69, \text{ pH 9,5.} \end{cases}$$

β) Nach erfolgter Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurde mit Wasser gewaschen bis  $\alpha = 0,41$ , pH 8, der Lösung eintrat:

$$\alpha \text{ der Lösung nach } \begin{cases} 6 \text{ Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 0,50, \text{ pH 7,5,} \\ 30^\circ \dots 0,78, \text{ pH 7.} \end{cases} \end{cases}$$

4. a) Zu 6 g Quarzsand 4 ccm  $\frac{\text{Ca CO}_3}{\text{Ca}(\text{HCO})_3}_2 = \text{Lösung } (\alpha = 1,04, \text{ pH 8})$  zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 1,51, \text{ pH 8,} \\ 30^\circ \dots 0,94, \text{ pH 7,5.} \end{cases}$$

β) Nach erfolgter Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden dem Sande 4 ccm  $\text{K}_2\text{CO}_3$ -Lösung ( $\alpha = 11,81$ , pH 10) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach } \begin{cases} 6 \text{ Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 9,0, \text{ pH 10,} \\ 30^\circ \dots 9,0, \text{ pH 10.} \end{cases} \end{cases}$$

5. a) Zu 10 g Quarzsand 4 ccm KOH ( $\alpha = 59,69$ , pH 10,5) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 10 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 17,40, \text{ pH 9,5}, \\ 30^\circ \dots 17,40, \text{ pH 9,5}. \end{cases}$$

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurde der Sand gewaschen, bis Lösung  $\alpha = 0,41$ , pH 8 zeigte:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 10 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 0,50, \text{ pH 7,5}, \\ 30^\circ \dots 0,74, \text{ pH 7}. \end{cases}$$

6. a) Zu 6 g Quarzsand 4 ccm KCl-Lösung ( $\alpha = 0,91$ , pH 6,5) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 16 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 1,09, \text{ pH 7}, \\ 30^\circ \dots 1,19, \text{ pH 7}. \end{cases}$$

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden 4 ccm

$$\frac{\text{Ca CO}_3}{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2} \text{ Lösung } (\alpha = 1,04, \text{ pH 8}) \text{ zugefügt:}$$

$$\alpha \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 1,06, \text{ pH 8}, \\ 30^\circ \dots 1,10, \text{ pH 8-7,5}. \end{cases}$$

7. a) Zu 6 g Quarzsand 4 ccm KCl-Lösung ( $\alpha = 35,28$ , pH 7,5) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach } \begin{cases} 6 \text{ Std. } & 10^\circ \dots 31,55, \text{ pH 7,5}, \\ 20 \text{ Std. } & 30^\circ \dots 29,08, \text{ pH 6,5}. \end{cases}$$

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden 4 ccm

$$\frac{\text{Ca CO}_3}{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2} = \text{Lösung } (\alpha = 1,04, \text{ pH 8}) \text{ zugefügt:}$$

$$\alpha \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 9,82, \text{ pH 8}, \\ 30^\circ \dots 7,50, \text{ pH 7,5-8}. \end{cases}$$

8. Zu 15 g Quarzsand, der nicht besonders gewaschen wurde, 10 ccm H<sub>2</sub>O ( $\alpha = 0,07$ , pH 5) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach } \begin{cases} 10 \text{ Std. } & 10^\circ \dots 0,37, \text{ pH 6}, \\ 20 \text{ Std. } & 30^\circ \dots 0,47, \text{ pH 6,5}. \end{cases}$$

9. Zu 15 g Quarzsand 10 ccm H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> ( $\alpha = 0,53$ , pH 4) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 0,79, \text{ pH 7,5}, \\ 30^\circ \dots 0,48, \text{ pH 6,5}. \end{cases}$$

10. Zu 15 g Quarzsand 10 ccm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-Lösung ( $\alpha = 40,69$ , pH 9) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 40,70, \text{ pH 8,5}, \\ 30^\circ \dots 33,67, \text{ pH 8}. \end{cases}$$

11. Zu 10 g Quarzsand 10 ccm K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Lösung ( $\alpha = 13,51$ , pH 7,5) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 24 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 10,48, \text{ pH 7,5}, \\ 30^\circ \dots 9,80, \text{ pH 7}. \end{cases}$$

12. Zu 10 g Quarzsand 10 ccm  $K_2SO_4$ -Lösung ( $\alpha = 13,51$ , pH 6, durch  $H_2SO_4$  gesäuert) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 10,48, \text{ pH 8,} \\ 30^\circ \dots 10,09, \text{ pH 8.} \end{array} \right.$

13. Zu 10 g Quarzsand 10 ccm  $K_2SO_4$ -Lösung ( $\alpha = 13,51$ , pH 4, durch  $H_2SO_4$  gesäuert) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 9,67, \text{ pH 7,} \\ 30^\circ \dots 12,83, \text{ pH 7,5.} \end{array} \right.$

14. Zu 10 g Quarzsand 10 ccm  $K_2SO_4$ -Lösung ( $\alpha = 0,41$ , pH 6) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 19 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 1,00, \text{ pH,} \\ 30^\circ \dots 1,68, \text{ pH.} \end{array} \right.$

15. Zu 10 g Quarzsand 6 g Fichtenhumus vom Rehberg, Lunz, + 4 ccm  $H_2O$  zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung des Fichten-  
humus allein  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 0,80, \text{ pH 6,} \\ 30^\circ \dots 1,23, \text{ pH 4,5.} \end{array} \right.$   
 $\alpha$  der Lösung nach 20 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 1,12, \text{ pH 5,5,} \\ 30^\circ \dots 1,45, \text{ pH 4,5.} \end{array} \right.$

Diese Versuche zeigen übereinstimmend, daß die Wirkung von Quarzsand auf die Konzentration von Elektrolytlösungen durch die Temperatur beeinflußt wird. Die Wirkung ist auf Lösungen sehr niederer Konzentration, die etwa Konzentrationen elektrolytarmer Bodenlösungen entsprechen, verschieden von der Wirkung auf Lösungen höherer Konzentration, die den Salzböden zukommen. Eine deutliche Verminderung der Konzentration der in diesen Versuchen verwendeten Salzlösungen, die K-Ionen enthielten, also Bindung durch den Quarzsand, tritt erst bei Werten von  $\alpha > 10$  ein. Diese Adsorption ist bei  $30^\circ$  größer als bei  $10^\circ$ , indem die Elektrolytkonzentration in Quarzsandaufschwemmungen mit steigender Temperatur abnimmt. Auch das pH nimmt mit steigender Temperatur ab. Da diese Erscheinung auch bei meinen weiteren Adsorptionsversuchen hervortreten wird und selbe auch bei Bodenlösungen festgestellt werden wird, so möge gleich jetzt gesagt werden, daß den pH-Bestimmungen von Böden, so wie sie durchgeführt werden, nur ein vergleichender Wert, ganz gleiche äußere Verhältnisse vorausgesetzt, zukommen kann. In wärmeempfindlichen Böden ändert sich mit der Konzentration der gesamten Ionen auch die der H-Ionen, mit Änderung der Temperatur. Es wird also auch bei den pH-Messungen in Böden die Wärmeempfindlichkeit derselben festgestellt werden müssen. Dem Massenwirkungsgesetz entsprechend werden bei abnehmender Konzentration der Elektrolytlösung die Mengen der zum Quarz wandern den Ionen immer mehr den aus dem Quarz in die Flüssigkeit tretenden Ionen gleich (Versuch 5  $\beta$ ), bis schließlich bei sehr geringen Konzentra-

tionen der Lösung die Menge der aus dem festen Körper austretenden größer wird als die Menge der in entgegengesetzter Richtung sich bewegenden Ionen. Der stärkeren Auflösung bei höherer Temperatur entspricht es, daß wir bei solchen geringen Konzentrationen der Lösung eine Erhöhung der  $\alpha$ -Werte der Lösung mit steigender Temperatur beobachten. Diese Verhältnisse zeigen besonders deutlich die Versuche, wo nach Auswaschung einer elektrolytreichen Dispersion die „Richtung der Wärmeempfindlichkeit“ mit Änderung der Temperatur umschlägt. An Stelle der Konzentrationerniedrigung mit erhöhter Temperatur bei der hochkonzentrierten Lösung tritt eine Konzentrationserhöhung mit höherer Temperatur in der ausgewaschenen Aufschwemmung ein. In der Natur müssen sich analog gealterte Böden gegenüber jungen Böden verhalten. An diesem thermischen Verhalten ändert sich nichts, wenn wir dieselben Proben zuerst auf tiefe und dann auf höhere Temperatur oder umgekehrt bringen. Von diesem „entgegengesetzten“ Verhalten von Lösungen größerer und kleinerer  $\alpha$ -Werte scheinen die  $\text{CaCO}_3$  enthaltenden Lösungen abzuweichen, indem wir schon bei  $\alpha$ -Werten, die bei 1 liegen, eine Verminderung der Konzentration bei höherer Temperatur gegenüber der Konzentration bei tieferer Temperatur finden (Versuch 4a). Hier muß die geringe Löslichkeit des  $\text{CaCO}_3$  bedacht werden. Da es sich in konzentrierter Lösung befindet, so ist die Ionenbewegung, die zur „Fällung“ führt, zum Quarz, mit Erhöhung der Temperatur stärker vergrößert. Es muß also bei niederen  $\alpha$ -Werten ein Antagonismus von K- und Ca-Ionen, wie ein solcher den Physiologen sonst bekannt ist, sich im thermischen Verhalten ausdrücken. Kompliziert liegen die Verhältnisse in stark saurer Lösung (Versuch 13 mit pH 4). Jedenfalls tritt eine starke Säurebindung durch die feste Phase ein. Wird Quarzsand mit anderen adsorbierenden Bodenbestandteilen, Eisenhydroxydgel (Vers. 2 $\gamma$ ) oder Fichtenhumus (Vers. 15) gemengt, so tritt keine Verschiebung in der Richtung der Wärmeverhältnisse ein, jedoch ein Sinken des pH bei tieferer Temperatur.

### B. Versuche mit Kaolin

Von einer Porzellanfabrik bezogen, wurde das Material mit heißem Wasser gewaschen. Natürlich konnte eine Waschung von Kaolin nur die größeren „Verunreinigungen“ entfernen. Gegenüber dem vordem verwendeten Quarz mußten auch die Teilchengrößen viel größere Ordnungsunterschiede aufweisen, wie es Schlemmversuche zeigten. Immerhin arbeitete ich hier mit einem Material mit durchschnittlich viel geringeren Teilchengrößen. Trotzdem zeigen die Versuche gute Übereinstimmung mit den beim Quarz erhaltenen Ergebnissen. Sowohl die  $\text{K}_2\text{CO}_3$  wie die  $\text{K}_2\text{SO}_4$  enthaltenden Lösungen zeigen bei niederer Konzentration eine Erhöhung der Auflösung kaolinischer Substanz bei erhöhter Temperatur,

bei höheren Konzentrationen der Lösung tritt in höherer Temperatur auch in der Kaolinaufschwemmung eine Verminderung des  $\alpha$ -Wertes gegenüber dem Werte bei tieferer Temperatur ein. Auch die Versuche mit Kohlensäurelösung und Kalilaugenlösung zeigen gut übereinstimmende Werte. Die Versuche zeigen das hohe Puffervermögen des Kaolins gegenüber einer Verdünnung der Lösung bei höherer Temperatur (Vers. 12  $\alpha$ ,  $\beta$ ), das gleiche gilt für das pH. Der Antagonismus zwischen dem Ca und K-Ion scheint in dem Versuche 7, wo KOH zugesetzt wurde, gegenüber dem Versuche 3, wo nur KOH in Lösung war, auf. Wurden natürliche Wasser als Elektrolytlösungen verwendet, wie die Versuche, wo dem Kaolin Wasser aus dem Neusiedlersee zugesetzt wurde (elektrolytreich, besonders an Natriumsulfat) und die karbonatreiche Wassergsprengquelle (Mödlinger Gegend), so finden wir ein entsprechendes Verhalten. Wird Kaolin mit Fichtenhumus bedeckt, so erfährt die Elektrolytlösung darin eine Verminderung der Konzentration.

Die über der Kaolinaufschwemmung stehende freie Flüssigkeit zeigte im Versuche bei 10° Temperatur eine deutliche Trübung, während die Flüssigkeit im Versuch bei 30° klar war. Untersuchte ich die Konzentration dieser freien Flüssigkeit vom Versuche bei 10°, so konnte ich eine erheblich größere Konzentration dieser Lösung gegenüber der Konzentration der gebundenen Flüssigkeit feststellen. So betrug im Versuch 11  $\beta$  das  $\alpha$  der freien Flüssigkeit 7,52 gegenüber  $\alpha = 6,0$  der gebundenen Flüssigkeit. Die Auswaschung von Tonböden erfolgt bei tiefen Temperaturen, indem feinste Trübungen und mit ihnen Elektrolyte mobilisiert werden, während bei höheren Temperaturen, wie ich schon oben auseinandergesetzt habe, derselbe Boden ein starkes Widerstandsvermögen gegen die Einwirkung des Wassers zeigt.

1. Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm  $H_2O$  ( $\alpha = 0,07$ , pH 6) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 20 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 2,85, \text{ pH 5,} \\ 30^\circ \dots 3,74, \text{ pH 5.} \end{array} \right.$
2. Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm  $H_2O + CO_2$  ( $\alpha = 0,48$ , pH 4) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 20 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 2,31, \text{ pH 4,5,} \\ 30^\circ \dots 4,90, \text{ pH 5.} \end{array} \right.$
3. Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm KOH-Lösung ( $\alpha = 0,87$ , pH 10) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 20 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 3,27, \text{ pH 4,5,} \\ 30^\circ \dots 4,23, \text{ pH 4-4,5.} \end{array} \right.$
4. Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 1,60$ , pH 8,5) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 20 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 2,31, \text{ pH 6,} \\ 30^\circ \dots 3,25, \text{ pH 5.} \end{array} \right.$

5. Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm  $\text{CaCO}_3$ -Lösung ( $\kappa = 0,43$ , pH 9) zugefügt:

$$\kappa \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 2,86, \text{ pH } 4,5, \\ 30^\circ \dots 2,30, \text{ pH } 5,5. \end{cases}$$

6. Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm  $\frac{\text{Ca CO}_3}{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}$ -Lösung ( $\kappa = 2,95$ , pH 6) zugefügt:

$$\kappa \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 4,17, \text{ pH } 8, \\ 30^\circ \dots 3,85, \text{ pH } 7,5. \end{cases}$$

7. Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm  $\frac{\text{Ca CO}_3}{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2} + \text{KOH}$ -Lösung ( $\kappa = 13,43$ , pH 8) zugefügt:

$$\kappa \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 12,31, \text{ pH } 8,5, \\ 30^\circ \dots 8,21, \text{ pH } 8,5. \end{cases}$$

8. a) Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm  $\text{K}_2\text{SO}_4$ -Lösung ( $\kappa = 4,52$ , pH 6,5) zugefügt:

$$\kappa \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 2,26, \text{ pH } 5,5, \\ 30^\circ \dots 4,16, \text{ pH } 7. \end{cases}$$

β) Nach erfolgter Absaugung der Lösung von obigem  $\kappa$  wurden dem Kaolin 2,5 ccm  $\text{H}_2\text{O}$  zugefügt:

$$\kappa \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 4,04, \text{ pH } 6, \\ 30^\circ \dots 4,69, \text{ pH } 6. \end{cases}$$

9. a) Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm  $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{KOH}$ -Lösung ( $\kappa = 4,52$ , pH 10) zugefügt:

$$\kappa \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 3,27, \text{ pH } 5, \\ 30^\circ \dots 5,70, \text{ pH } 4-4,5. \end{cases}$$

β) Nach erfolgter Absaugung der Lösung von obigem  $\kappa$  wurden dem Kaolin 2,5 ccm  $\text{H}_2\text{O}$  zugefügt:

$$\kappa \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 2,17, \text{ pH } 7,5, \\ 30^\circ \dots 3,17, \text{ pH } 7,5. \end{cases}$$

10. Zu 10 g Kaolin werden 10 ccm Wasser (aus der Wassergsprengquelle, Kalkgebiet bei Mödling) ( $\kappa = 3,51$ , pH 8,5) zugefügt:

$$\kappa \text{ der Lösung nach 24 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 3,21, \text{ pH } 8, \\ 30^\circ \dots 2,82, \text{ pH } 7,5. \end{cases}$$

11. a) Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm  $\text{K}_2\text{SO}_4$ -Lösung ( $\kappa = 12,75$ , pH 7,5) zugefügt:

$$\kappa \text{ der Lösung nach 24 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 13,45, \text{ pH } 7,5, \\ 35^\circ \dots 6,48, \text{ pH } 7,5. \end{cases}$$

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden dem Kaolin 10 ccm  $H_2O$  zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 24 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 6,0, \text{ pH } 7,5, \\ 35^\circ \dots 6,48, \text{ pH } 7,5. \end{cases}$$

12. a) Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm  $K_2SO_4 + H_2SO_4$ -Lösung ( $\alpha = 12,75$ , pH 4) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 24 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 13,45, \text{ pH } 7,5, \\ 35^\circ \dots 8,79, \text{ pH } 7. \end{cases}$$

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden dem Kaolin 10 ccm  $H_2O$  zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 24 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 7,40, \text{ pH } 5,5, \\ 35^\circ \dots 8,79, \text{ pH } 7. \end{cases}$$

13. a) Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm  $K_2SO_4 + KOH$ -Lösung ( $\alpha = 12,75$ , pH 9) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 24 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 17,28, \text{ pH } 6,5, \\ 35^\circ \dots 7,69, \text{ pH } 6. \end{cases}$$

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden 10 ccm  $H_2O$  dem Kaolin zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 24 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 7,93, \text{ pH } 6, \\ 35^\circ \dots 7,70, \text{ pH } 6. \end{cases}$$

14. Zu 10 g Kaolin wurden 10 ccm Wasser vom Neusiedlersee (stark  $N_2SO_4$ -haltig) ( $\alpha = 17,10$ , pH 9,5) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 24 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 13,42, \text{ pH } 9, \\ 28^\circ \dots 11,19, \text{ pH } 8,5. \end{cases}$$

15. 10 g Kaolin wurden mit 6 g frischem Fichtenhumus (Rehberg, Lunz) gemengt mit 10 ccm  $H_2O$  versetzt und 3 Std. bei der Versuchstemperatur gehalten:

$\alpha$ der Lösung aus dem Fichtenhumus allein	$\begin{cases} 10^\circ \dots 0,80, \text{ pH } 6, \\ 28^\circ \dots 1,17, \text{ pH } 4,5. \end{cases}$
$\alpha$ der Lösung aus Humus + Kaolin	$\begin{cases} 10^\circ \dots 1,51, \text{ pH } 6, \\ 28^\circ \dots 1,83, \text{ pH } 4,5. \end{cases}$

### C. Versuche mit Eisenhydroxydgel

Hier gelang es, mit einem nahezu elektrolytfreien Adsorbens zu arbeiten<sup>11</sup>, indem das  $Fe(OH)_3$ -Gel durch Waschen mit heißem Wasser so weit gereinigt werden konnte, daß es das  $\alpha$  des destillierten Wassers von 0,09 auf 0,07, das pH von 7 auf 6 herabsetzte. Dementsprechend war

<sup>11</sup> In dankenswerter Weise von Herrn Dr. HANS MÜLLER, Assistent an der biologischen Station in Lunz, hergestellt.

auch das Verhalten von Kalisalzlösungen in diesen Suspensionen ein anderes als in den vorher besprochenen. Die einschlägigen Versuche zeigen vor allem die große Adsorptionskraft dieses Gels, so daß Lösungen von sehr verschiedener Ausgangskonzentration nach Einwirkung des Adsorbens nahe beieinander liegende Konzentrationen zeigen. Unabhängig von der Konzentration der Lösung tritt in diesen Kalisalzlösungen stets mit höherer Temperatur eine erhöhte Adsorption ein. Da die gegenteiligen Bewegungen vom Fe-Gel hin in die Flüssigkeit, wie die nahe beieinander liegenden  $\alpha$ -Werte der Lösungen zeigen, zum mindesten sehr gering sind, so sprechen diese Versuche besonders für die Abhängigkeit adsorptiver Bindungen (Fällungen) von der Außentemperatur. Das darf schließlich nicht wundernehmen, da ja die gegenläufigen Bewegungen der Diffusion auch mit Erhöhung der Temperatur zunehmen. So zeigt ja Versuch 11  $\gamma$ , daß von den adsorbierten Elektrolyten bei Auswaschung nur bei höherer Temperatur mehr in Lösung geht, während der Ausgangsversuch 11  $\alpha$  umgekehrt die stärkere Bindung bei höherer Temperatur zeigte. Wird das Eisenhydroxydgel trocken an der Luft liegen gelassen, so zeigt eine Aufschwemmung in  $H_2O$  bald eine kräftige Leitfähigkeit von 0,07 bis auf 2,0, bei einem Anstieg des pH von 6 auf 7,5. Eisengele machen den Boden für die Zusammensetzung der Atmosphäre empfindlich. Die Aufschwemmungen von frischem Eisengel-Ca-Karbonat zeigen kein klares Bild des Verhaltens. Wahrscheinlich handelt es sich um die Wirkung minimaler Verunreinigungen. Wurde  $CaCO_3$  jedoch einer  $KCl$  in geringer Menge enthaltende Eisengelaufschwemmung zugesetzt, so tritt wieder die stärkere Adsorption bei höherer Temperatur in Erscheinung (Vers. 11  $\delta$ ).

Gegenteilig zum Verhalten des Ca-Karbonats verhält sich das Ca-Nitrat (Vers. 10  $\gamma$ ). Der Zusatz von Karbonat vermag hier keine Umstimmung, wie gegenüber K-Ionen (Vers. 10  $\delta$ ) hervorzurufen.

1. a) 3 g  $Fe(OH)_3$ -Gel ( $\alpha = 0,08$ , pH 7) 4 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 4,20$ , pH 10) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 0,70, \text{ pH 7,5,} \\ 30^\circ \dots 0,70, \text{ pH 7,5.} \end{cases}$$

$\beta$ ) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden 4 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 76,26$ , pH 10) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 1,99, \text{ pH 8-8,5,} \\ 30^\circ \dots 1,80, \text{ pH 8-8,5.} \end{cases}$$

2. Zu 2,5 g  $Fe(OH)_3$ -Gel (wie oben) 4 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 11,81$ , pH 10) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 10 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 3,34, \text{ pH 9,} \\ 30^\circ \dots 2,29, \text{ pH 7,5.} \end{cases}$$

3. Zu 3 g  $\text{Fe(OH)}_3$ -Gel (wie oben) 2 ccm KCl-Lösung ( $\alpha = 35,28$ , pH 1,5) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 16 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 1,96, \text{ pH } 7-7,5, \\ 30^\circ \dots 1,79, \text{ pH } 7,8. \end{array} \right.$

4. Zu 2 g  $\text{Fe(OH)}_3$ -Gel (wie oben) 3 ccm  $\text{CaCO}_3$ -Lösung ( $\alpha = 0,40$ , pH 9) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 18 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 0,20, \text{ pH } 7, \\ 30^\circ \dots 0,25, \text{ pH } 7,5. \end{array} \right.$

5. Zu 3 g  $\text{Fe(OH)}_3$ -Gel (wie oben) 1 g  $\text{CaCO}_3$ -Pulver („gefällt“, Kahlbaumpräparat) + 4 ccm  $\text{H}_2\text{O}$  zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 12 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 1,20, \text{ pH } 8,5, \\ 18 \text{ Std. } 30^\circ \dots 1,21, \text{ pH } 8,5. \end{array} \right.$

6. Zu 4 g  $\text{Fe(OH)}_3$ -Gel (wie oben) 0,1 g  $\text{CaCO}_3$  (wie oben) + 4 ccm  $\text{H}_2\text{O}$  zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 20 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 0,91, \text{ pH } 8, \\ 30^\circ \dots 1,05, \text{ pH } 8,5. \end{array} \right.$

7. Zu 4 g  $\text{Fe(OH)}_3$ -Gel (wie oben) 1 g  $\text{CaCO}_3$  (wie oben) + 4 ccm  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  ( $\alpha = 0,53$ , pH 4) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 20 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 1,67, \text{ pH } 8,5, \\ 30^\circ \dots 1,60, \text{ pH } 8,5. \end{array} \right.$

8. Zu 4 g  $\text{Fe(OH)}_3$ -Gel 1 g  $\text{CaCO}_3 + 4 \text{ ccm H}_2\text{O}$  durch HCl gesäuert ( $\alpha = 0,70$ , pH 4) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 3,11, \text{ pH } 8, \\ 30^\circ \dots 3,11, \text{ pH } 8. \end{array} \right.$

9. Zu 4 g  $\text{Fe(OH)}_3$ -Gel, das auf  $60^\circ$  erwärmt grobkörniger wurde, „gealtert“, 1 g  $\text{CaCO}_3 + 4 \text{ ccm H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  (wie oben) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 2,11, \text{ pH } 9, \\ 30^\circ \dots 1,10, \text{ pH } 8,5. \end{array} \right.$

10. a) 10 g  $\text{Fe(OH)}_3$ , getrocknet und an der Luft stehengelassen, mit 8 ccm  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\alpha = 0,07$ , pH 6) versetzt:  
 $\alpha$  der Aufschwemmung nach 20 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 2,05, \text{ pH } 7,5, \\ 30^\circ \dots 2,10, \text{ pH } 6,5. \end{array} \right.$

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden 6 ccm  $\text{H}_2\text{O}$  (wie oben) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 20 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 1,51, \text{ pH } 7, \\ 30^\circ \dots 1,51, \text{ pH } 7. \end{array} \right.$

γ) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurde das Eisenhydroxydgel mit heißem  $H_2O$  gewaschen bis  $\alpha = 0,1$  erreicht war, dann 6 ccm  $Ca(NO_3)_2$  ( $\alpha = 6,5$ , pH 6) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 1,79, \text{ pH } 6,5-7, \\ 30^\circ \dots 1,97, \text{ pH } 7. \end{cases}$$

δ) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden der Probe 1 g  $CaCO_3$  (wie oben) + 6 ccm  $H_2O$  zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 12 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 2,16, \text{ pH } 8,5, \\ 30^\circ \dots 4,52, \text{ pH } 8,5. \end{cases}$$

11. a) Zu 10 g  $Fe(OH)_3$  (wie oben) 8 ccm KCl-Lösung ( $\alpha = 31,0$ , pH 7,5) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 23,15, \text{ pH } 7,5, \\ 30^\circ \dots 15,60, \text{ pH } 6,5-7. \end{cases}$$

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden der Probe 6 ccm  $H_2O$  zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 16 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 15,43, \text{ pH } 7,5, \\ 30^\circ \dots 10,46, \text{ pH } 7. \end{cases}$$

γ) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurde das Eisenhydroxydgel gewaschen bis  $\alpha = 0,52$  erreicht wurde, dann 6 ccm  $H_2O$  (wie oben) zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 20 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 0,29, \text{ pH } 7,5, \\ 30^\circ \dots 0,67, \text{ pH } 7. \end{cases}$$

δ) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden 1 g  $CaCO_3$  (wie oben) + 6 ccm  $H_2O$  zugefügt:

$$\alpha \text{ der Lösung nach 24 Std. } \begin{cases} 10^\circ \dots 4,52, \text{ pH } 8-8,5, \\ 30^\circ \dots 4,26, \text{ pH } 8,5. \end{cases}$$

#### D. Versuche mit Kohle und Humus

Es kamen zwei verschiedene Kohlen zur Verwendung. Traubenzuckerkohle im Chlorstrom auf  $1000^\circ$  erhitzt<sup>12</sup>, die Chloride sodann mit heißem Wasser ausgewaschen, bis diese graphitisch ausschende Kohle die Leitfähigkeit des destillierten Wassers etwas herabsetzte, das pH von 6 auf 5,5 drückte. Wie das reine Fe-Gel hat auch reine Kohle eine ansäuernde Wirkung. Außerdem arbeitete ich mit Carbo medicinalis (MERCK). Nach Waschung betrug  $\alpha$  der Aufschwemmung = 0,12, pH 6. Die große adsorptive Kraft der Kohle zeigt der Umstand, daß eine nicht weiter gereinigte Traubenzuckerkohle, die trocken durch zwei Wochen an der Luft liegen blieb, ein Ansteigen des  $\alpha$  von 2,34 auf 20,6 und des

<sup>12</sup> Von Hrn Dr. HANS MÜLLER, Lunz, hergestellt.

pH von 4 auf 7,5 zeigte. Aus diesem Grunde zeigen wohl auch die Versuche, wo Elektrolytlösungen niederer Konzentration zugefügt wurden, wechselvolle Bilder. Immerhin lässt sich aber bei den 30°-Versuchen ein höherer  $\alpha$ -Wert gegenüber den Versuchen bei 10° beobachten. Im Versuch 5β wird mit Erhöhung der Konzentration der Lösung die stärkere Adsorption bei höherer Temperatur sichtbar. Versuch 2β zeigt eine Umstimmung des Verhaltens durch Einführung des Kalziumkarbonates.

1. Zu 2,5 g Kohle (graphitisch) von  $\alpha = 0,18$ , pH 6, wurden 4 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 15,39$ , pH 10) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 20 Std. { 12°.... 8,38, pH 8,5,  
30°.... 14,01, pH 7.

2. a) Zu 2,5 g Kohle („medicinalis“ Merck) von  $\alpha = 0,12$ , pH 6,5, wurden 4 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 14,30$ , pH 10) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 20 Std. { 10°.... 4,06, pH 9,5,  
30°.... 5,37, pH 9.

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden der Kohle

4 ccm  $\frac{CaCO_3}{Ca(HCO_3)_2}$ -Lösung ( $\alpha = 1,04$ , pH 6) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 20 Std. { 10°.... 3,41, pH 8,5,  
30°.... 2,44, pH 8.

3. a) Zu 1 g Kohle (wie oben) wurden 3 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 35,20$ , pH 10) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 20 Std. { 10°.... 24,30, pH 10,  
30°.... 24,74, pH 10.

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden 2 ccm KCl-Lösung ( $\alpha = 13,86$ , pH 7) der Kohle zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 20 Std. { 10°.... 15,43, pH 9,5,  
30°.... 19,83, pH 9,5.

γ) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden der Kohle 2 ccm  $H_2O$  zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 20 Std. { 10°.... 8,82, pH 8,  
30°.... 11,77, pH 9.

4. a) Zu 1 g Kohle (wie oben) wurden 1 g  $CaCO_3$  („gefällt“, Kahlbaum) + 2 ccm  $H_2O$  zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 20 Std. { 10°.... 3,22, pH 8,5,  
30°.... 4,16, pH 8.

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden der Kohle 4 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 14,30$ , pH 10) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 20 Std. { 10°.... 5,58, pH 9,  
30°.... 6,75, pH 9.

5. a) Zu 2,9 g Kohle (graphitisch,  $\alpha = 0,07$ , pH 5,5) wurden 8 ccm  $H_2O + 5$  Tropfen  $K_2CO_3$   $n/10$ -Lösung zugefügt:

$\alpha$  d. Lösg. nach 8 Std. bei  $11^\circ = 0,88$ , nach 8 Std. bei  $35^\circ = 0,68$ ,  
 12 „ „  $20^\circ = 0,82$ , 12 „ „  $35^\circ = 0,68$ ,  
 24 „ „  $35^\circ = 0,68$ , 24 „ „  $11^\circ = 0,58$ ,  
 24 „ „  $20^\circ = 0,74$ , 24 „ „  $37^\circ = 0,50$ ,  
 24 „ „  $11^\circ = 0,61$ , 24 „ „  $37^\circ = 0,50$ ,  
 6 „ „  $38^\circ = 0,51$ ,

$\beta$ ) Der Aufschwemmung von obigem  $\alpha = 0,50$  weitere 20 Tropfen  $K_2CO_3$   $n/10$  zugefügt:

$\alpha$  der Lösg. nach 10 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 11^\circ \dots 13,77, \\ 38^\circ \dots 12,40; \end{array} \right.$  nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 13,05, \\ 38^\circ \dots 11,10. \end{array} \right.$

6. a) Zu 1 g Kohle („medicinalis Merck“ wie oben) wurden 2,5 ccm KCl-Lösung ( $\alpha = 13,86$ , pH 7) zugeführt:

$\alpha$  der Lösung nach 10 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 8,68, \text{ pH } 7,5, \\ 20 \text{ Std. } \left\{ \begin{array}{l} 30^\circ \dots 8,68, \text{ pH } 7,5. \end{array} \right. \end{array} \right.$

$\beta$ ) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden der Kohle 2 ccm  $H_2O$  zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 20 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 4,28, \text{ pH } 7,5, \\ 30^\circ \dots 5,23, \text{ pH } 7. \end{array} \right.$

7. 2,5 g frisch hergestellte Zuckerkohle ohne Waschung ergab mit 4 ccm  $H_2O$ :

$\alpha$  der Lösung nach 18 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 12^\circ \dots 1,30, \text{ pH } 6,5, \\ 30^\circ \dots 2,48, \text{ pH } 4. \end{array} \right.$

8. a) 2 g derselben Kohle, 14 Tage an der Luft liegen gelassen, ergab mit 4 ccm  $H_2O$ :

$\alpha$  der Lösung nach 30 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 20,0, \text{ pH } 8, \\ 30^\circ \dots 20,66, \text{ pH } 7,5. \end{array} \right.$

$\beta$ ) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden 2 ccm  $Fe(OH)_3$ -Aufschwemmung, von  $\alpha = 2,00$ , pH 7,5, zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 20 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 12,69, \text{ pH } 9, \\ 30^\circ \dots 24,21, \text{ pH } 8,5. \end{array} \right.$

9. 2,5 g derselben Kohle (wie oben) mit 4 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 13,16$ , pH 10) ergab:

$\alpha$  der Lösung nach 18 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 12^\circ \dots 2,39, \text{ pH } 4, \\ 30^\circ \dots 2,34, \text{ pH } 4. \end{array} \right.$

10. 2,5 g Kohle (wie Versuch 7) ergab mit 8 ccm  $H_2O$  versetzt:

$\alpha$  der Lösg. nach 4 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 11^\circ \dots 1,26, \\ 38^\circ \dots 1,15; \end{array} \right.$  nach 17 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 1,25, \\ 48 \text{ Std. } \left\{ \begin{array}{l} 30^\circ \dots 1,93. \end{array} \right. \end{array} \right.$

11. 2,5 g Kohle (wie oben) ergab mit 4 ccm  $H_2O$ , dem 4 Tropfen  $CaCl_2 \text{ n/10-}$  Lösung zugesetzt waren:

$$\text{z der Lösung nach} \quad \begin{cases} 6 \text{ Std.} & 11^\circ \dots 2,30, \\ 24 \text{ Std.} & 36^\circ \dots 3,00. \end{cases}$$

Bei den Versuchen mit Kohle sowohl wie schon bei den Eisenhydroxydgelversuchen (so auch Vers. D, 8  $\beta$ ) scheint die Abhängigkeit der Zusammensetzung und Konzentration der Bodenlösung von der dritten Phase der Bodensuspension, den absorbierten Gasen auf. Mit der Zunahme der  $\alpha$ -Werte geht die Zunahme des pH parallel, wenn solche Substanzen an der Luft liegen gelassen werden. Künftige Untersucher, die Stoffwechselvorgänge an solchen groben Schaumstrukturen studieren werden, müssen außer Vermeidung des oben genannten thermischen Fehlers, auch mit einer genau definierten und hinsichtlich eventueller Veränderungen bei den Versuchen beobachteten Gasphase, arbeiten. Dies lag außerhalb des Zweckes meiner Versuche, der vollauf erreicht ist und noch mehr außerhalb der verfügbaren Mittel. Besonders das Verhalten von Nitratlösungen in Schäumen beansprucht in dieser Hinsicht Interesse, das weiter unten bei der Besprechung der Torfversuche nochmals angeführt werden wird.

Der Trockentorf aus dem Ericetum vom Rehberg bei Lunz wurde in destilliertem Wasser bei Lufttemperatur gewaschen. Eine Aufschwemmung in Wasser zeigt keinen so wesentlichen Unterschied zum nicht gewaschenen, frischen *Erica*-Humus (Vers. 1 und 15). Die hohen adsorptiven Fähigkeiten des Torfes zeigen sich ähnlich wie beim Eisenhydroxydgel und bei der Kohle, indem nahezu unabhängig von der Konzentration der einwirkenden  $K_2CO_3$  oder  $KCl$ -Lösung, die Lösungskonzentrationen nach einiger Zeit sehr ähnliche Werte zeigen. Die Konzentration ist bei der höheren Temperatur stets höher, das pH tiefer, beides Zeichen des stärkeren Abbaues zu organischen Säuren. In den Versuchen, wo frischer Humus von *Erica*, Buche oder Fichte von derselben Örtlichkeit, ungewaschen verwendet wurde, finden wir das gleiche Verhalten. Aber trotz dieser Häufung organischer Säuren bei Sommertemperaturen scheint die gewaltige umstimmende Wirkung des  $CaCO_3$  auch hier (Vers. 16  $\beta$ , 17  $\beta$ ) wieder auf, indem die Konzentration mit Erhöhung der Temperatur sich erniedrigt und das pH nach der stark alkalischen Seite hin geht. Diese thermische Umstimmung wirkt das  $CaCO_3$ , also auch in einem kritischen Flüssigkeitsgemisch, wie es Humussole darstellen, vielleicht auch im kritischen Flüssigkeitsgemische der lebenden Zelle.

1. Zu 7 g *Erica*-Torf wurden 7 ccm  $H_2O$  zugefügt:

$$\text{z der Lösung nach} \quad \begin{cases} 24 \text{ Std.} & 10^\circ \dots 1,51, \text{ pH } 5,5, \\ 48 \text{ Std.} & 30^\circ \dots 2,50, \text{ pH } 4,5. \end{cases}$$

2. Zu 7 g Torf wurden 20 ccm  $H_2O$  zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 1,85, \text{ pH } 5,5, \\ 30^\circ \dots 2,58, \text{ pH } 4,5. \end{array} \right.$

3. Zu 7 g Torf wurden 20 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 0,27$ , pH 8,5) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 3,22, \text{ pH } 5, \\ 30^\circ \dots 3,09, \text{ pH } 4-4,5. \end{array} \right.$

4. Zu 7 g Torf wurden 20 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 1,17$ , pH 9,5) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 2,60, \text{ pH } 5-5,5, \\ 30^\circ \dots 3,49, \text{ pH } 4,5. \end{array} \right.$

5. Zu 7 g Torf wurden 20 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 1,51$ , pH 9,5) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 2,82, \text{ pH } 5, \\ 30^\circ \dots 3,40, \text{ pH } 4,5. \end{array} \right.$

6. Zu 7 g Torf wurden 20 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 3,12$ , pH 10) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 2,43, \text{ pH } 5,5, \\ 30^\circ \dots 2,80, \text{ pH } 5. \end{array} \right.$

7. Zu 7 g Torf wurden 20 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 11,94$ , pH 10) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 2,94, \text{ pH } 5, \\ 30^\circ \dots 3,07, \text{ pH } 4,5. \end{array} \right.$

8. Zu 7 g Torf, jedoch nicht gewaschen, wurden 20 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 34,84$ , pH 10) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 4,63, \text{ pH } 6, \\ 30^\circ \dots 5,11, \text{ pH } 6. \end{array} \right.$

9. Zu 7 g Torf wurden 5 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 11,94$ , pH 10) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 1,53, \text{ pH } —, \\ 30^\circ \dots 3,87, \text{ pH } 6,5. \end{array} \right.$

10. a) Zu 7 g Torf wurden 5 ccm  $K_2CO_3$ -Lösung ( $\alpha = 58,44$ , pH 10) zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots 1,20, \text{ pH } —, \\ 30^\circ \dots 2,41, \text{ pH } 7,5. \end{array} \right.$

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden 10 ccm  $H_2O$  ( $\alpha = 0,07$ , pH 6) dem Torf zugefügt:

$\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\left\{ \begin{array}{l} 10^\circ \dots — \\ 30^\circ \dots 2,57, \text{ pH } 7,5. \end{array} \right.$

11. Zu 5 g Torf wurden 5 ccm KCl-Lösung ( $\alpha = 1,43$ , pH 7) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\begin{cases} 10^\circ \dots 3,52, \text{ pH } 5,5, \\ 30^\circ \dots 4,23, \text{ pH } 4,5. \end{cases}$

12. Zu 5 g Torf wurden 5 ccm KCl-Lösung ( $\alpha = 49,77$ , pH 8) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\begin{cases} 10^\circ \dots 21,84, \text{ pH } 5,5, \\ 30^\circ \dots 25,56, \text{ pH } 6. \end{cases}$

13. Zu 5 g Torf wurden 5 ccm  $\text{KNO}_3$ -Lösung ( $\alpha = 54,32$ , pH 7,5) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\begin{cases} 10^\circ \dots 12,57, \text{ pH } 6, \\ 30^\circ \dots 40,90, \text{ pH } 7,5. \end{cases}$

14. Zu 5 g Torf wurden 5 ccm  $\text{KNO}_3$ -Lösung ( $\alpha = 1,22$ , pH 6,5) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\begin{cases} 10^\circ \dots 1,80, \text{ pH } 6, \\ 30^\circ \dots 5,33, \text{ pH } 7,5. \end{cases}$

15. Zu 10 g frischem *Erica*-Humus wurden 10 ccm  $\text{H}_2\text{O}$  zugesetzt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\begin{cases} 10^\circ \dots 1,78, \text{ pH } 5, \\ 30^\circ \dots 2,68, \text{ pH } 4. \end{cases}$

16. a) Zu 10 g frischem Buchenhumus wurden 10 ccm  $\text{H}_2\text{O}$  zugesetzt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\begin{cases} 10^\circ \dots 0,48, \text{ pH } 7, \\ 30^\circ \dots 1,30, \text{ pH } 6. \end{cases}$

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden dem Humus 10 ccm  $\text{H}_2\text{O} + 1 \text{ g CaCO}_3$  (wie früher) zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\begin{cases} 10^\circ \dots 5,48, \text{ pH } 9, \\ 30^\circ \dots 5,30, \text{ pH } 8,5. \end{cases}$

17. a) Zu 10 g frischem Fichtenhumus wurden 10 ccm  $\text{H}_2\text{O}$  zugesetzt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\begin{cases} 10^\circ \dots 1,23, \text{ pH } 6, \\ 30^\circ \dots 1,52, \text{ pH } 6. \end{cases}$

β) Nach Absaugung der Lösung von obigem  $\alpha$  wurden dem Humus 10 ccm  $\text{H}_2\text{O} + 1 \text{ g CaCO}_3$  zugefügt:  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\begin{cases} 10^\circ \dots 5,25, \text{ pH } 8,5, \\ 30^\circ \dots 4,07, \text{ pH } 7,5-8. \end{cases}$

18. Zu 5 g frischem Fichtenhumus wurden 5 ccm  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -Lösung ( $\alpha = 6,84$ , pH 6) zugefügt.  
 $\alpha$  der Lösung nach 24 Std.  $\begin{cases} 10^\circ \dots 2,10, \text{ pH } 6,5, \\ 30^\circ \dots 4,08, \text{ pH } 5,5. \end{cases}$

Im Gegensatz zur Wirkung des  $\text{CaCO}_3$  steht die des Nitrats. Schon die Versuche mit den anderen, einwandfrei sterilen Adsorbentien hatten für das  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  ganz allgemein eine Erhöhung des  $\alpha$ -Wertes der Elektrolytlösung mit Erhöhung der Temperatur gezeigt. Auch der Versuch mit

Torf als Adsorbens zeigt das nämliche Verhalten (Vers. 18). Daß diese Wirkung allgemein dem Nitrat zuzukommen scheint, dafür sprechen die Vers. 13 und 14, wo  $\text{KNO}_3$ -Lösung dem Torf zugesetzt wurde. Gerade hier ist der Unterschied der  $\alpha$ -Werte beim  $10^\circ$ - und beim  $30^\circ$ -Versuche der größte unter meinen Versuchsergebnissen.

### Ausblick

Die Versuche zeigen übereinstimmend die Wirkung thermischer Vorgänge auf die Elektrolytkonzentration der Bodenlösungen, auch außerhalb der Lebensvorgänge der Bodenorganismen. In einem dispersen System erfahren im untersuchten Temperaturintervall  $10^\circ$  bis  $30^\circ$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ -Lösungen geringer Konzentration, eine Erhöhung der elektrolytischen Leitfähigkeit mit höherer Temperatur, solche hoher Konzentrationen dagegen eine Verminderung der Konzentration. Entsprechend verhalten sich  $\text{K}_2\text{SO}_4$ -Lösungen.

Das wenig lösliche  $\text{CaCO}_3$  dagegen bedingt unabhängig von der Gesamtkonzentration der verwendeten Lösung, geringere  $\alpha$ -Werte der Elektrolytlösung im dispersen System bei  $30^\circ$  gegenüber den  $\alpha$ -Werten der Versuche bei  $10^\circ$  Außentemperatur.

In Böden, wie überhaupt in dispersen Systemen, tritt in Karbonatlösungen von geringer Konzentration ein Antagonismus des K und Ca hinsichtlich der Konzentrationsänderung der Lösung mit der Änderung der Außentemperatur in Erscheinung.

$\text{KNO}_3$ - wie  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -Lösungen bedingen, unabhängig von der Konzentration der Lösung, in dispersen Systemen (Bodenaufschwemmungen), eine starke Erhöhung der elektrolytischen Leitfähigkeit der Lösung mit Erhöhung der Temperatur.

Ich werde in den folgenden Teilen meiner Bodenstudien zeigen können, daß wir diesem Verhalten in Modellversuchen entsprechend, drei Typen von Böden unterscheiden können:

1. Böden, die bei höherer Temperatur eine höhere Konzentration der Bodenflüssigkeit zeigen als bei niederer.

2. Böden, die keine ausgesprochene thermische Empfindlichkeit zeigen.

3. Böden, die bei höherer Temperatur eine geringere Konzentration der Bodenflüssigkeit zeigen als bei tieferer.

Aus diesen Ausführungen geht die Wichtigkeit genauer Temperaturbeobachtungen am Standort, in der Wurzelregion hervor, aber auch die Bedeutung feiner thermischer Untersuchungen bei Stoffwechselvorgängen. In dieser Richtung werden vielleicht Modellversuche an trüben Medien manchen Aufschluß geben können. Die Methode der elektrolytischen Leitfähigkeitsbestimmungen in Verbindung mit pH-Messungen verspricht in dieser Richtung ein wichtiges Hilfsmittel zu werden.

Wien, im Oktober 1929.

# Bearbeitung der von E. Zugmayer in Tibet gesammelten Phanerogamen

Von

**Heinrich Handel-Mazzetti** (Wien)

Gelegentlich der Bearbeitung meiner botanischen Ausbeute aus China gingen mir einige von ZUGMAYER in Nordost-Tibet gesammelte Pflanzen durch die Hände, die mir sofort als nicht richtig bestimmt auffielen. Da diese äußerst wertvolle Sammlung auch veröffentlicht wurde (Dr. K. v. KREISSLER, Aufzählung der von E. ZUGMAYER in Tibet gesammelten Phanerogamen, in Annalen des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums in Wien, XXII. Bd., S. 20 bis 32, 1907) und jene Bestimmungen zu unrichtigen pflanzengeographischen Schlüssen geführt hatten, entschloß ich mich zu einer Revision der ganzen Sammlung. Dabei erwies sich, daß von den vom Verfasser selbst bestimmten Arten (das sind 65 von 74) 32 falsch benannt waren. Es erscheint daher angezeigt, die ganze Sammlung mit den richtiggestellten Bestimmungen und Bemerkungen nochmals aufzuzählen. Die Aufzählung bringe ich in der Reihenfolge der Originalarbeit, führe aber die Standorte nicht wieder an. Es handelt sich um das auch heute noch sehr wenig bekannte Gebiet südlich von Keria, und es kommen folgende Örtlichkeiten vor: Arpa Zo, Baba Hatun, Jeschil Kul, Kan Jailok, Keria Darja, Kisyl Dawan, Kurab Su, Mangzaka (See), Noh Zo, Peduk, Sumdschiling-Ebene und Ullug Kul.

Zu der vorangestellten Statistik ergibt sich, daß sämtliche für Nordost-Tibet angegebenen typischen Sikkim-Pflanzen wegfallen, ebenso sämtliche turkestanischen, deren Vorkommen allerdings weniger unmöglich wäre. Auch die 11 z. B. „anscheinend“ bislang für Tibet nicht angegebenen“ Arten sind bis auf eine, deren Bestimmung von HACKEL stammt, nicht richtig bestimmt. Dagegen sind zwei andere, nämlich *Arenaria formosa* Fisch. und *Rosa Webbiana* Wallis auch heute für Tibet noch nicht angegeben. Ohne Kenntnis von

---

\* Die 1902 erschienene Flora of Tibet or High Asia von HEMSLEY (Journ. Linn. Soc., Bot., XXXV) war dem Verfasser offenbar unbekannt.

HEMSLEYS Flora wären zwei vom Verfasser durchwegs verkannte Arten neu zu beschreiben gewesen; außerdem ist seine neue Varietät eine gute Art (*Aster glandulosus*).

### Ranunculaceae

*Clematis orientalis* L. var. *tangutica* Max. Die Pflanze vom Zuflusse des Noh Zo hat die Sepalen innen kahl und höchstens 5 cm Blüten-durchmesser, stimmt also darin und auch durch deren sehr lange Zuspitzung nicht mit jener PRZEWALSKIS in unserem Herbar, die fast abgerundete und klein bespitzte Sepalen hat, also noch über *C. tangutica* var. *obtusiuscula* Rehd. et Wils. hinausgeht. Die Pflanze von Kan Jailok (nur eine Blüte) hat die Sepalen innen behaart, 7½ cm Blütendurchmesser, und entspricht in jenem Merkmale jener vom Karakul am Pamir (KUSCHAKEWICZ), die KORSCHINSKI als *tangutica* beschreibt, deren Blüten jedoch etwas kleiner sind. Die Bemerkungen KEISLERS sind also alle falsch, doch ist seine Schlußfolgerung möglicherweise aus anderen Gründen richtig. S. auch OSTENFELD in HEDIN, Southern Tibet, VI/3., 83 (1922).

„*Oxygraphis polypetala*“ ist *Ranunculus involucratus* Maxim. (non Lap. qui synonymum. — *R. Maximowiczii* Pamp.). PAULSEN zieht (in HEDIN, S. Tibet, VI/3., 81) *R. similis* Hemsl. mit *involucratus* zusammen. Mit HEDINS noch blühender Pflanze stimmt jene ZUGMAYERS, deren Petalen schon abgefallen sind, überein. Ihre Früchtchen zeigen auf dem Rücken weder einen Flügel, noch einen Kiel, sondern an beiden Seiten des ganz undeutlichen Schnabels je einen roten Flügel von schwammiger Beschaffenheit. Es ist wohl fraglich, ob sie nach einigermaßen reifem Material beschrieben waren.

### Fumariaceae

*Corydalis* spec. „Schwer bestimbar“. Nach FEDDE wahrscheinlich *Corydalis Hendersonii* Hemsl.

### Cruciferae

*Alyssum canescens* DC. Richtig.

„*Lepidostemon pedunculosus*“ ist *Torularia humilis* (C. A. Mey.) O. E. Sch. var. *Piasezkii* (Maxim.) O. E. Sch.

*Christolea crassifolia* Camb. Richtig.

*Braya uniflora* Hook. f. et Thoms. Richtig, jetzt *Pycnoplinthus uniflorus* (Hook. f. et Thoms.) O. E. Sch. Die Blüten beschreibt der Verfasser als noch unbekannt; sie waren aber in HOOKERS Icones, Taf. 251 (1894) schon abgebildet und beschrieben.

*Braya tibetica* Hook. f. et Thoms. Richtig.

*Lepidium* spec. „Leider ohne Blüten und Früchte, daher schwer bestimmbar.“ Ist *Lepidium capitatum* Hook. f. et Thoms., von den nur 5 Arten der Fl. Brit. Ind. die einzige mit solchen Blättern, daher trotz Mangel an Blüten und Früchten, wie alle Pflanzen dieser Sammlung bis auf 4 oder 6, leicht richtig zu bestimmen.

„*Dilophia salsa*“ ist nicht diese, denn sie hat brakteenlose Blüten, viel breitere Petalen und weniger deutlich bespitzte Antheren. Wahrscheinlich die aus der Gegend beschriebene *Dilophia Dutrejili* Franch. in Bull. Mus. Hist. nat. Paris, III, 321 (1897). Für diese gibt der Autor gegenüber *D. ebracteata* Maxim. im Schlüssel nur einen Unterschied in den Schötchen, die bei ZUGMAYERS Pflanze noch fehlen, nach der Beschreibung unterscheidet sie sich aber auch durch Kahlheit und bespitzte Antheren. ZUGMAYERS Pflanze vom Quellfluß des Keria Darja ist kahl, jene vom Jeschil Kul hat die Sepalen auf dem Rücken recht dicht mit schülferigen hyalinen Borstenhaaren besetzt, doch zeigen solche vereinzelt auch Exemplare vom Nan-schan, die auch MAXIMOWICZ als kahl beschreibt. Für *D. Dutrejili* sind aber die Petalen als gleich lang mit den Sepalen beschrieben, während sie an ZUGMAYERS Pflanze entschieden länger sind, und dies sowie das Fehlen von Früchten läßt eine ganz sichere Zuweisung nicht zu.

### *Alsineae*

*Arenaria polytrichoides* Edgew.  $\beta$  *perlevis* Wills. Richtig. Unterordnung als Varietät unter *A. polytrichoides* kann jedoch meines Erachtens nicht in Betracht kommen, sondern es handelt sich um eine gute Art: *Arenaria perlevis* (Wills.) Hand.-Mzt. (*A. musciformis* Wall. ex Edgew. 1874, non Triana et Planch. 1862).

*Arenaria acicularis* „Scheint sich ziemlich mit 2 Herbarexemplaren zu decken“. Ist von diesen ganz verschieden, denn sie hat die Blattränder mit Ausnahme der oft weit hinaufreichenden, zart gewimperten (nicht rauh gesägten) Scheidenteile ganz glatt. Trotz Mangels an Blütenstengeln ist es wohl sicher die aus Tibet noch nicht bekannte *Arenaria formosa* Fisch.

### *Tamariscineae*

*Myricaria elegans* Royle. Richtig.

### *Leguminosae*

*Caragana pygmaea* (L.) DC. Ist möglich, aber ohne Blüten nicht nachweisbar. Vielleicht *C. turfanensis* Krassn., aber mit ganz kahlen Blättchen, dafür etwas behaarten jungen Zweigen.

*Caragana polourensis* Franch. Richtig. „Stimmt völlig mit der Beschreibung von FRANCHET“ stimmt insoferne nicht, als die Blätt-

chen nicht überwintern, doch war dies an DUTREUILS Pflanze vielleicht Zufall. KOMAROW, der mehr Material sah, erwähnt dies nicht als Merkmal.

*Astragalus „confertus“* hat nicht die basifixen Haare, vielpaarigen und ganz anders geformten Blättchen dieser Art, sondern unter der Mitte befestigte, viel dickere Haare, außerdem ganz andere Kelchzähne, und ist nach der Beschreibung *Astragalus Arnoldi* Hemsl. et Pears. in Journ. Linn. Soc., Bot., XXXV., 172 (1902). Die Pflanze vom zweiten Standorte, die „möglicherweise vielleicht auch eine neue Art“ darstellen soll, stimmt mit der ersten bis auf die leicht erklärlichen Größenunterschiede völlig überein. Nur 3 Blättchenpaare finden sich auch an dieser. Vergleichsmaterial von *A. confertus* fehlt nicht, sondern lag immer richtig bestimmt im Herbar.

*A. „ex aff. zacharensis“* ist *Astragalus Heydei* Bak., eine der auffallendsten Arten.

*A. „ex aff. subumbellatus“* hat *Cercis*-Haare und daher mit dieser Art nichts zu tun, sondern ist *Astragalus nivalis* Kar. et Kir.

„*Astragalus spec.*“ ist eine *Oxytropis* und entspricht *Oxytropis lapponica* (Wahlbg.) Gay var. *Jacquemontiana* Benth., über deren systematische Stellung hiemit nichts gesagt sein soll.

*Oxytropis „leucocyanæa“* stimmt gar nicht mit der Beschreibung, denn die Behaarung der Schäfte ist abstehend, die Nebenblätter sind unter sich sehr hoch, mit dem Blattstiel aber nur ganz kurz verwachsen, der Kelch ist viel mehr als villosulus und die Fahne ist nicht einmal sehr breit verkehrt-eiförmig und ausgerandet, auch sind keine schwarz werdenden Stämmchen vorhanden usw. Es ist *Oxytropis glacialis* Benth., die BAKER in Fl. Brit. Ind. 1876 noch ohne Kenntnis von BUNGE 1874 erschienener Arbeit mit *O. humifusa* Kar. et Kir. als *O. lapponica* var. *humifusa* identifiziert, mit der sie aber sicher nicht zusammenfällt, sondern, soweit unser recht reiches Material ein Urteil zuläßt, dürfte BUNGE Ansicht richtig sein, daß es sich um eine gute Art handelt.

*O. „falcata“* ist nach der Beschreibung ganz verschieden. ZUGMAYERs Pflanzen sind *Oxytropis Hedinii* Ulbr. in Bot. Jahrb., XXXV., 680 (1905) mit Ausnahme des Exemplares vom Kurab Su, das zwar keine Blätter hat, sich aber durch die dichte, abstehende Behaarung, grobe Drüsen und kahlen Fruchtknoten als *O. tibetica* Bge. erweist. Der Autor stellt *O. Hedinii* neben *O. foetida* (Vill.) DC. der Sektion *Gloeocephala*, die sie aber entschieden mit *Polyadenia* verbindet, zu der BUNGE seine auch mit größtenteils nur gegenständigen Fiederblättchen versehene *O. falcata* stellt. Die letzterwähnten Exemplare (von Baba Hatun), die etwas abweichend aussehen sollen, sind von den anderen nicht verschieden.

*Oxytropis tibetica* Bge. Richtig. Hiezu auch das eine der als *falcata* bestimmten Exemplare (s. oben).

„*Oxytropis* (ex. aff. *densa*)“ ist ein *Astragalus* und kommt *Astragalus confertus* Benth. nahe, hat aber längere und dünneren Haare. Ein etwas unzureichendes Exemplar mit nur 2 Blüten, mit dem nichts anderes anzufangen ist.

### *Saxifragaceae*

„*Saxifraga Hirculus* L. var. *subdioica* Clke.“ hat so wenig Zusammenhang mit *S. Hirculus*, daß sie schon 1883 von ENGLER als *S. tangutica* abgetrennt wurde. ZUGMAYERS Pflanzen, die dieser sehr ähnlich sind, sind nach H. SMITH zu jung und unvollständig, aber wahrscheinlich doch *Saxifraga flagrans* H. Sm.

### *Crassulaceae*

*Sedum tibeticum* Hook. f. et Thoms. („*tibetanum*“). Richtig. Die weiß blühenden Exemplare seien „anscheinend“ männlich, die rot blühenden weiblich. Dies sind sie wirklich. Auf der Etikette steht „angeblich“.

*Sedum quadrifidum* Pall. ist ganz eindeutig richtig, das ? überflüssig. Hiezu auch

*S. „linearifolium“*, denn die Pflanze ist zweihäusig (rein ♀) mit zurückgekrümmten Kapselspitzen, also von *linearifolium* ganz verschieden.

### *Rosaceae*

*Rosa „anserinifolia“* (determ. H. BRAUN) ist *Rosa Webiana* Wallis, von *anserinifolia* Boiss. schon durch die unterseits ganz kahlen, vorne fast ausgerandeten Blättchen verschieden.

*Potentilla fruticosa* L. „var. *ochreata*“. Die schienenaartigen Nebenblätter zeichnen keine natürliche Varietät aus, und ZUGMAYERS Pflanze entspricht nicht HOOKERS Beschreibung, die nach dem Original-exemplare abgefaßt ist, auf das sich auch LEHMANN bezieht und die daher von jenem nicht, wie Th. WOLF (Monographie, 60 [1908]) sagt „eigenmächtig ganz anders aufgefaßt ist“. Vielmehr ist Wolfs Übersetzung von „*ochreatus*“ als „ocker- oder rostfarbig“ eigenmächtig und falsch. ZUGMAYERS Pflanze stellt var. *pumila* Hook. dar.

*Potentilla multifida* L. var. „*minor*“ ist var. *hypoleuca* (Turcz.) Th. WOLF nach den Außenkelchzipfeln, die nur halb so groß wie die inneren sind. Auch nach LEHMANN wäre sie als diese von ihm als Art betrachtete Pflanze zu bestimmen gewesen.

*P. „sericea* var. *polyschista*“ ist *Potentilla hololeuca* Boiss. var. *tibetica* Ostenf. in Hedin, S. Tibet, VI/3, 69 (1922), von *sericea* durch viel geringere Zahl der Zipfel der Fiederblättchen leicht zu unterscheiden. Nach dem vorliegenden Originalmaterial der *P. hololeuca* zweifle ich aller-

dings an der Richtigkeit dieser Zuweisung. Wahrscheinlich handelt es sich um eine gut geschiedene Art, doch kenne ich die turkestanischen Pflanzen nicht, die vielleicht OSTENFELD Recht geben.

### Compositae

*Aster „flaccidus* Bge. var. „*glandulosus* nov. var. ist eine gute Art:  
*Aster glandulosus* (Keissl.) Hand.-Mzt.

Rhizoma tenuiusculum, longum, repens (?), radicibus longis crassis nec inflatis, collo foliis mortuis flaccidis obsitum. Caulis erectus, validus,  $3\frac{1}{2}$  – 7 cm altus, simplex, monocephalus, superne pilis brevibus fuscis patulis indistincte articulatis partim minute glanduloso-capitatis hirtus, inferne glaber. Folia basalia ovata usque oblonga, caule 2–3 plo breviora, obtusa, in petiolo alatos indistinctos sensim vel distinctiores  $\pm$  abrupte attenuata, integra, carnosa, laete viridia, margine cartilagineo pilis articulatis crassis albis dense et longe pectinato-ciliata, ceterum et extima interdum tota glaberrima; caulinis 3–5  $\pm$  aequidistantia, sensim diminuta et basi angustata etsi lata sessilia, pleraque costae dorso quoque ciliata, ceterum basalibus aequalia. Calathium 3– $3\frac{1}{2}$  cm diametro, disco flavo (?), e sicco), radio violaceo (e collectore). Involucrum 8–9 mm longum, phyllis numerosis, lanceolatis, 1– $1\frac{1}{2}$  mm latis, acutis vel partim sub-obtusis, herbaceis, anguste membranaceo-marginatis, saturate viridibus, antice purpurascensibus, pilis articulatis brevissimis nigris glandulosis punctatis et nonnullis longis albis instructis. Ligulae lanceolatae, 1– $1\frac{1}{2}$  mm latae, obtusae, integrae. Flores disci involucrum aequantes; ovarium glabrum vel setis longis adpressis parvis obsitum; pappus corollam aequans, setis albis prorsus subplumoso-asperis, exterioribus paucis brevissimis; corolla subtubulosa, fauce  $3/4$  mm lata, lobis lanceolato-ovatis,  $2/3$  mm longis; antherae corolla subdupo breviores, paulum exsertae. (*Achaenia ignota*.)

NW-Tibet: Südufer des Magzaka, Umgebung schwefelwasserstoff-haltiger Thermen, 5370 m (ZUGMAYER 1906).

*Aster diplostephioides* (DC.) Benth. et *flaccidus* Bge., quibus proximus, differunt pubescens eglandulosa villosa folia utrinque vel non tegente; *A. Hedinii* Ostenf. in Hedin, S. Tibet VI/3, 37 (1922) radicibus tuberosis in rhizomate praemorso, foliis caulinis numerosioribus maiori-busque, ut caulis hirsutis, achaeniis dense pilosis distat.

Die Drüsenebedeckung, die in der *alpinus*-Gruppe außer bei dem später beschriebenen *A. Hedinii* nirgends vorkommt, bildet im Verein mit der noch auffallenderen groben Wimperung ein ausgezeichnetes Art-merkmal. Es ist nur eine Wurzel vorhanden, die aber ganz jener von *A. flaccidus* gleicht. Die Fruchtknoten sind an dem einen Exemplar ganz kahl, an einem anderen mit zerstreuten anliegenden Borsten besetzt, das Merkmal ist also offenbar so veränderlich wie bei *Leontopodium*.

Arten. Ob die vom Sammler erwähnten in der Farbe variierenden Astern aus der Umgebung zu dieser Art oder zu anderen im Habitus ganz übereinstimmenden gehören, kann nicht entschieden werden.

„*Erigeron andryalooides*“ hat mit den drei zitierten Beschreibungen keine Ähnlichkeit, sondern ist *Aster Bowerii* Hemsl. in Journ. Linn. Soc., Bot. XXX., 113 (1894). Die Blätter sind hie und da mit einem Lappen versehen wie bei *A. Stracheyi* Hook. f. aus dem Himalaya, der aber stoloniferous beschrieben wird. Auffallend ist die schülferige Behaarung der Spitzen der Scheibenblüten, die nicht erwähnt wird und in der Abbildung in HOOKERS Icones, 2495, auch nicht ersichtlich ist. Die Originalexemplare, die mir aus Kew freundlichst zugeschickt wurden, zeigen sie aber auch, ebenso wie eine starke Wellung der Blattränder, die die Abbildung ebenfalls vermissen läßt und die zur Lappung an ZUGMAYERS Pflanze hinüberleitet.

*Leontopodium „alpinum“ var. *nivale*“ ist *Leontopodium nanum* (Hook. f. et Thoms.) Hand.-Mzt. Daß die var. *nivale* bisher nur für die Alpen angegeben „erscheine“, ist falsch, denn sie ist bis heute nur für die Abruzzen angegeben.*

*Tanacetum fruticosum* Ledeb. Richtig. Hierher auch:

*T. „gracile“*. Mit demselben Rechte *T. fruticosum*, wie die vorige Pflanze. Die Körbe sind etwas größer und besonders breiter, als bei dem indischen *T. gracile* Hook. f. et Thoms., und die Stengel kräftiger und, obwohl sie nicht vollständig vorliegen, offenbar kürzer.

*T. „tenuifolium“* ist die folgende Art.

*Tanacetum tibeticum* Hook. f. et Thoms. Richtig für einen Teil der Exemplare. Die Haustränder der Hüllschuppen sind auffallend hell, aber sonst ist kein Unterschied zu finden. Die guten beigelegten sterilen Stücke stimmen nur in der Behaarung teilweise damit überein, haben aber 10 paarig gefiederte Blätter und sind:

*Artemisia Stracheyi* Hook. f. et Thoms.

*Artemisia salsolooides* Willd. „var. *typica* Hook“ Richtig. Ein Varietätname findet sich aber l. c. nicht, sondern „*salsolooides proper*“.

*Artemisia sacrorum* Ledeb. Richtig. Die Pflanze gehört zur var. *minor* Ledeb.

„*Ligularia arnicoides*“ ist *Cremanthodium plantagineum* Max. f. *goringense* (Hemsl.) R. Good. MAXIMOWICZS Typus fällt in der Tat mit *Senecio arnicoides* var. *frigida* Hook. f. zusammen. Von typischer *Ligularia arnicoides* ist aber die Art spezifisch verschieden, was allerdings auch HOOKER nicht erkannte, obwohl es auch ohne Vergleichsmaterial schon aus ROYLES Abbildung ziemlich klar ist.

*Werneria nana* (Decne.) Benth. et Hook. Richtig. Jetzt *Cremanthodium nanum* (Decne.) W. W. Sm. (*C. Deasyi* Hemsl.).

*Saussurea glanduligera* Schtz. bip. Richtig.

*S. „pamirica“*, *„tridactyla“* und *„spec. (ex aff. tridactyla)“* stimmen alle vollständig untereinander überein und sind *Saussurea gnaphalodes* (Royle) Ostenf. in Hedin, S. Tibet. VI/3, 33 (1922) (*S. sorocephala* [Schrk.] Hook. f. et Thoms.).

*S. „sorocephala“* ist *Saussurea Aster* Hemsl. in Journ. Linn. Soc., Bot., XXXV., 115 (1894), vom *sorocephala*-Original weit verschieden.

*Taraxacum mongolicum* Hand.-Mzt. (determ. HANDEL-MAZZETTI). Nur ein Blütenschaft, dessen Zugehörigkeit ich nach meinen seitherigen Erfahrungen nicht mit Sicherheit behaupten möchte.

*„Lactuca sp.“* ist *Mulgedium tataricum* (L.) DC. Vielleicht als var. *tibeticum* (Hook. f.) (*Lactuca tatarica* var. *tibetica* Hook. f.) zu bezeichnen, wenn man sie auf Grund der sehr dicken und dicht knorpelzähnigen Blätter getrennt hält.

### **Primulaceae**

*Androsace „Hookeriana“* ist *Androsace flavesrens* Maxim., die einzige im „Planzenreich“ als gelbblütig beschriebene Art; KEISSLER sagt aber: „gewöhnlich für die *Androsace*-Arten eigentümliche gelbe Blütenfarbe.“

*A. „globifera“* ist *Androsace coronata* (Watt) Hand.-Mzt. (*A. Chamaejasme* var. *coronata* Watt). Die richtige Bemerkung, daß eine vierblütige Dolde vorkomme, steht im Widerspruch mit der Bestimmung als Art der Sektion *Aretia*.

*A. „spec. (ex aff. A. Selago“* ist *Androsace squarrosula* Maxim.

### **Gentianaceae**

*Gentiana „aquatica“* var. *pygmaea* ist *Gentiana riparia* Kar. et Kir. und entspricht der niedrigen der zwei Formen bei KUSNEZOW in Act. Hort. Petr., XV., 418 (1904). *G. pygmaea* ist beschrieben mit Leaves minute remote ovate. Calyx lobes lanceolate acute, während ZUGMAYERS Pflanze ansehnliche dachziegelige verkehrteiförmig-kreisrunde Blätter und kurze stumpfe Kelchzipfel hat. Das ohne Material der indischen Pflanze gefällte abfällige Urteil beruht auf dieser falschen Bestimmung und ist hinfällig.

### **Boraginaceae**

*Arnebia tibetana* Kurz. Richtig.

### **Solanaceae**

*Physochlaena praealta* Miers. Richtig.

### **Scrophulariaceae**

*Pedicularis cheilanthifolia* Schrenk (det. STADLMANN). Richtig.

*Pedicularis longiflora* Rud. (det. STADLMANN). Richtig.

### *Selagineae*

*Lagotis decumbens* Rupr. Richtig. Das Zitat PRAIN 1875 soll richtig heißen 1896. „Oben genannte Art“ ist nicht verwandt mit *L. cachemireana* Rupr. und auch nicht mit *crassifolia* Prain, wie der Verf. behauptet, sondern von diesen durch die schon in der Fl. Brit. Ind. und von PRAIN angegebenen Merkmale viel weiter verschieden, als durch die von KEISSSLER erwähnten. Was die Staubgefäß machen sollten, wenn sie nicht „festsitzend“ wären, ist nicht erfindlich.

### *Labiateae*

*Dracocephalum heterophyllum* Benth. Richtig.

*Nepeta eriostachys* Benth. Dürfte der von HEMSLEY gemeinten Pflanze entsprechen, wobei eine bedeutende Variabilität der Art angenommen werden muß. Originalexemplare sind in Kew nicht vorhanden. ZUGMAYERS Pflanze kommt *N. grandiflora* M. a. B. sehr nahe und entspricht vielleicht *N. densiflora* Kar. et Kir., besitzt aber nicht die entfernteste Ähnlichkeit mit *N. longibracteata* Benth., die der Verfasser („eine gewisse Ähnlichkeit“) zu sehen glaubt.

### *Chenopodiaceae*

*Halogeton glomeratus* C. A. Mey. Richtig.

*Eurotia* sp. ist *Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey., ohne Zweifel, obwohl die Blätter vom Ullug Kul sehr schmal und auch jene vom Noh Zo nicht sehr braun sind. (S. PAULSEN in HEDIN, S. Tibet, VI/3, 85).

### *Polygonaceae*

„? *Polygonum pamiricum*“. „Anscheinend mit der Beschreibung stimmend“. Die Beschreibung stimmt zur vorliegenden Pflanze gar nicht, denn sie stellt *P. pamiricum* in die Sektion *Bistorta* mit endständigen, fast kugeligen Ähren von 6–8 mm Durchmesser. SAMUELSSON hält ZUGMAYERS Pflanze ebenso wie HOOKER und THOMSONS und YOUNG-HUSBANDS für eine Form von *Polygonum sibiricum* Laxm. und ich möchte ihm beistimmen. Eine Wurzel ist nicht vorhanden, sondern das Lange, was KEISSSLER erwähnt, ist der Stengel.

*Rheum „Moortcroftianum“* ist *Rheum spiciforme* Royle, das ja in der Fl. Brit. Ind. mit radiating nerves beschrieben ist, so daß die Bemerkung des Verf. jeder Grundlage entbehrt.

### *Urticaceae*

*Urtica hyperborea* Jacquem. (nicht „Jacq.“ = Jacquin). Richtig.

**Liliaceae**

*Allium* „spec. (ex aff. *rubellum*)“ hat eine große Spatha, die die ganze Dolde einhüllte, und ist daher *A. rubellum* weder ähnlich noch verwandt, ist jung und ohne Blätter und Zwiebel und daher als die einzige Pflanze der Sammlung wirklich etwas schwer zu bestimmen, aber mit aller Sicherheit *Allium polypodium* Kar. et Kir.

**Cyperaceae**

*Carex* „sp.“ ist *Carex Moorcroftii* Falc.

**Gramineae**

(Det. HACKEL, nicht nachgeprüft und nicht zu bezweifeln)

*Stipa splendens* Trin.

? *Trisetum subspicatum* Beauv.

*Poa attenuata* Trin.

*Atropis convoluta* Gris. var. *nova glaberrima* Hack.

*Elymus sibiricus* L.

*Elymus dasystachys* Trin.

# Der Nachweis des Cholins in der Pflanze.

Von

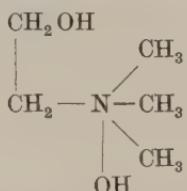
Gustav Klein (Wien) und Alfred Zeller (Wien)

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien)

## I. Die Chemie des Cholins

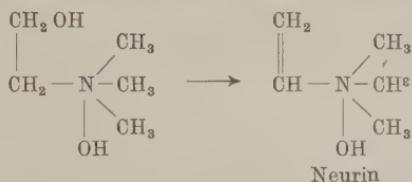
Cholin ist vielleicht die wichtigste, sicher aber die verbreitetste Base, die in Organismen vorkommt. Es wurde im Jahre 1851 von BABO und HIRSCHBRUNN entdeckt und mit dem Namen Sinkalin belegt. In den späteren Jahren wurden dann vielfach aus den verschiedensten Pflanzen und Tieren Basen isoliert, die sich bei näherer Untersuchung nach einigen Jahren meist als mit dem „Sinkalin“ aus dem Jahre 1851 identisch erwiesen. Den Namen Cholin erhielt die Substanz von ihrem Entdecker in der Ochsengalle (STRECKER 1862)<sup>1</sup>. Längere Zeit hindurch wurde das Cholin als Neurin bezeichnet, ein Name, der heute einer Vinylbase  $[(CH_3)_3 \cdot (OH) \cdot N \cdot CH : CH_2]$  zukommt. Weitere Synonyme, unter denen das Cholin beschrieben wurde, sind: Amanitin, Bilineurin, Bursin, Gossypin, Luridin, Vesalthamin und Vídin.

Cholin leitet sich vom Ammoniak ab, es ist Oxyäthyltrimethylammonhydroxyd von der Formel:



Die freie Base bildet in reinem Zustand eine farblose, sirupöse Masse, die nicht oder nur sehr schwer kristallisiert. Sie ist stark hygroskopisch und zieht begierig Kohlensäure aus der Luft an. Möglicherweise sind alle Angaben über ein Kristallisieren der freien Base auf einen Karbonatgehalt zurückzuführen. In Wasser und Alkohol ist das Cholin in jedem Verhältnis löslich, unlöslich ist es jedoch in Äther. Es ist sehr stark alkalisch und entspricht in seiner Alkalieszenz ungefähr der Kalilauge. Verdünnte wässrige Lösungen sind ohneweiters hitzebeständig, konzentrierte wässrige Lösungen zerfallen beim Kochen in Trimethylamin, Äthylenglykol und wahrscheinlich auch geringe Mengen Äthylenoxyd. Kalte Natronlauge zersetzt das Cholin nicht, von heißer wird es unter Abspaltung von Trimethylamin zersetzt. Von Kalii-

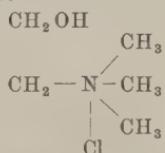
lauge wird es schon in der Kälte langsam zersetzt, ebenso von feuchtem Silberoxyd. Dieselbe Zersetzung tritt auch ein bei Destillation mit konzentriertem Barytwasser; ein Kochen sehr verdünnter wässriger Lösungen mit Barytwasser zersetzt das Cholin jedoch nicht. Beim Erhitzen zerfällt die freie Base in Trimethylamin, Glykol, Polyäthylenglykol,  $\beta$ -Dimethylaminoäthanol und N-Dimethylvinylamin. Gelinde Oxydation führt zu Betain. Das Produkt energischer Oxydation bezeichnete man früher als Pseudomuskarin, es ist jedoch aller Wahrscheinlichkeit nach der Cholinsalpetrigsäureester, der bei dieser energischen Oxydation mit Salpetersäure entsteht<sup>2</sup>. Durch Wasserabspaltung kann sich aus dem Cholin das giftige Neurin bilden:



In neuerer Zeit wird diese Umsetzungsmöglichkeit bezweifelt, bei bakteriellem Cholinabbau ist sie jedoch einige Male sicher erwiesen<sup>3</sup>.

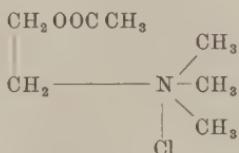
Synthetisch lässt sich Cholin aus Trimethylamin und Äthylenoxyd und aus Trimethylamin und Äthylchlorhydrin darstellen (Literaturangaben in WINTERSTEIN-TRIER, „Die Alkaloide“). Auch durch Methylierung von Colamin, dem Aminoäthylalkohol,  $\text{CH}_2\text{NH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ , lässt es sich darstellen.

Das Cholinchlorhydrat



bildet farblose Kristalle, die stark hygroskopisch sind und auch mit Alkohol zerfließen.

Das Azetylcholin



ist einer der aktiven Stoffe des Mutterkorns, lähmt das Herz, erregt die Darmmuskulatur. Auf diese Fähigkeit gründet sich eine Methode<sup>4</sup>, kleinste Cholinn Mengen durch Azetylierung und Beobachtung der Wirkung des Reaktionsproduktes auf den überlebenden Darm nachzuweisen. 0,1 γ gibt noch eine deutliche Reaktion.

#### Die Reaktionen des Cholins (bzw. des Chlorhydrates)

Niederschläge entstehen mit einer großen Zahl von Körpern, so mit Jodjodkali, Phosphorwolframsäure, Kadmiumchlorid, Quecksilberchlorid, Goldchlorid u. a.

Der Schmelzpunkt des Platinsalzes wird mit 234°, der des Quecksilbersalzes mit 244° angegeben. Eine Lösung von Cholinperchlorat gibt beim Eindampfen mit Salpetersäure und Aufnehmen mit Wasser Cholinsalpetersäureester, der ein schwer lösliches Perchlorat gibt<sup>5</sup>. Auch das Chloroplatinat des Benzoylcholins ist schwer in Wasser löslich. Beim Eindampfen mit einer konzentrierten Alloxanlösung gibt Cholin, so wie die Eiweißkörper, eine rotviolette Färbung, die mit Alkalien tiefblau wird.

### Mikrochemische Reaktionen

Die Platinchloridverbindung zeigt einen charakteristischen Dimorphismus. Die regulären Formen, die man aus Wasser-Alkohol erhält, gehen beim Umkristallisieren aus Alkohol in eine doppelbrechende monokline Form über, die durch Umkristallisation aus Wasser-Alkohol wieder in das reguläre Salz verwandelt werden kann.

Mit Jodjodkali gibt die Platinchloridverbindung des Cholins lange, glatte, dunkelbraune, dichroitische, doppelbrechende Kristalle. Es sind dies dieselben Kristalle, die bei der FLORENCEschen Sperminreaktion auftreten. Diese Reaktion ist auf das Vorhandensein von Cholin im Sperma zurückzuführen<sup>6</sup>.

Löst man den Niederschlag, der beim Zusatz von Kaliumquecksilberjodid zu Cholinechloridlösungen entsteht, in Alkohol, so bilden sich nach dem Verdunsten die Kristalle vom Cholinequecksilberjodid<sup>7</sup>.

Mit Kaliumwismutjodid entstehen rote Rauten und Stäbchen des hexagonalen Systems. Pikrat und Pikrolonat sind leicht wasserlöslich.

## II. Das Vorkommen des Cholins

Das Cholin ist, wie schon erwähnt, die verbreitetste Base im Organismenreich. Bei entsprechender Verarbeitung wurde es im Pflanzenreich überall getroffen.

Um nur einige Vorkommen zu nennen: Das Cholin wurde im Mutterkorn gefunden, in vielen Pilzen, in Samen, in Keimlingen, in Blättern, in Zweigen und in allen Pflanzenextrakten. Bis jetzt mag es wohl in zirka 80 Pflanzen nachgewiesen worden sein, wobei jedoch die unten erwähnte Abspaltungsmöglichkeit aus Lezithin zu berücksichtigen ist.

Es ist ein Baustein der Phosphatide, die im allgemeinen aus Glyzerinphosphorsäure, 2 Fettsäuren und Cholin bestehen. Da diese Phosphatide recht labile Körper sind, so ist immer mit der Möglichkeit einer Abspaltung des Cholins zu rechnen. Besonders leicht geht diese Spaltung in alkalischem Medium, recht schwer dagegen in saurem<sup>8</sup>. Auch in Kunstprodukten, die letzten Endes auf pflanzliches Material zurückgehen, ist es regelmäßig zu finden. So im Wein, im Bier, im Kognak, in den meisten Vitaminpräparaten usw.

Seine Verbreitung im tierischen Organismus ist ebenso groß. Auch hier kommt es in Phosphatidbindung vor.

Cholin wurde unter anderem gefunden in der Galle (Name!), im Gehirn, Blut, Darm, Speichel, Harn, in der Zerebrospinalflüssigkeit, im Sperma, in Heringsslake, in Heringsrogen, in wässrigem Maikäferextrakt, in letzter Zeit in besonders großer Menge in der Plazenta, ein Vorkommen, das mit seiner wehenerregenden Wirkung in Zusammenhang gebracht wird<sup>9</sup>, weiters in Ovarien, in Hühnereiern usw.

Diese kurze Aufstellung von Cholinfunden soll nur seine universelle Verbreitung illustrieren.

### III. Die Rolle des Cholins im Organismus

#### A. Im pflanzlichen Organismus

Über die Bedeutung des Cholins für das Geschehen im pflanzlichen Organismus sind wir so gut wie gar nicht unterrichtet. Aus der Tatsache, daß es ein wesentliches Spaltprodukt aller pflanzlichen Phosphatide ist und außerdem sozusagen in jeder Zelle des pflanzlichen Organismus in freier, d. h. nicht im Phosphatid gebundener Form zu finden ist, darf wohl mit Recht gefolgert werden, daß es im Stoffwechsel, und zwar vermutlich im Reservestoffwechsel, eine ganz hervorragende Rolle spielt. Es ist das Ziel der im Gange befindlichen Ausarbeitung einer einfachen quantitativen Bestimmungsmethode des Cholins, die Möglichkeit zu schaffen, der Erkenntnis der Rolle des Cholins im physiologischen Geschehen näher zu kommen.

#### B. Im tierischen Organismus

Das Cholin wurde nicht nur im pflanzlichen, sondern auch im tierischen Organismus nahezu überall angetroffen und über seine mutmaßliche Rolle im tierischen Organismus wurden nahezu alle denkbaren Vermutungen ausgesprochen und viele von ihnen zwar nicht erwiesen, aber doch in den Bereich der Möglichkeit gerückt.

Vor allem werden ihm, bzw. eventuell seinem Azetylierungsprodukt, dem Azetylcholin, hormonale Eigenschaften zugeschrieben, es soll der Regulator der Darmperistaltik sein. Diese Frage ist jedoch noch sehr umstritten; nach Angaben aus neuester Zeit<sup>10</sup> sollen die Nebennieren den Cholinspiegel im Blute regulieren. Von anderer Seite<sup>11</sup> wird das Vorkommen von Cholin im Blute überhaupt bezweifelt.

Auf den Uterus wirkt es spezifisch wehenerregend und auch Vitaminfunktionen wurden ihm zugeschrieben. Es wirkt blutdrucksenkend; das Azetylcholin wirkt sogar noch in einer Menge von 0,01 γ pro Kilogramm Tier deutlich blutdrucksenkend. In ermüdeten Muskeln ist es scheinbar in größerer Menge vorhanden als in ausgeruhten.

In einer späteren Arbeit, die sich mit der quantitativen Seite der Cholinfrage näher beschäftigen wird, soll auf die Rolle des Cholins im

tierischen Organismus näher eingegangen werden. Hier mögen die obigen Andeutungen genügen, um die Bedeutung des Cholins auch für den tierischen Stoffwechsel anzudeuten.

### Eigene Untersuchungen

#### IV. Der mikrochemische Nachweis des Cholins

Um einen eindeutigen und raschen mikrochemischen Nachweis des Cholins führen zu können, wurden die in der Literatur angegebenen mikrochemischen Reaktionen auf ihre Brauchbarkeit in dieser Hinsicht sowie auf ihre Empfindlichkeit nachgeprüft und nach neuen Reaktionen gesucht. Zur Herstellung der Verdünnungen wurde Cholinchlorhydrat der Firmen LA ROCHE und TH. SCHUCHARDT verwendet. Vor der Einwage wurde es im Vakuum über Schwefelsäure getrocknet.

Es wurden folgende Reagentien geprüft:

**Platinchlorid:** In wässriger Lösung auch bei 1:100 in der feuchten Kammer kein Reaktionsprodukt. Makrochemisch wird das Platinsalz wegen seiner charakteristischen Umlagerungen aus der regulären in eine monokline Form zur Identifikation des Cholins benutzt. Da das Cholinchloroplatinat in Wasser leicht löslich ist und da ein exaktes Arbeiten mit absolut alkoholischen Lösungen auf dem Objektträger nicht möglich ist, so ist dieses Salz für einen mikrochemischen Nachweis ungeeignet.

**Platinbromid** (hergestellt durch Vermischen von gleichen Teilen 5%iger Platinchlorid- und 5%iger Natriumbromidlösung): Keine brauchbare Reaktion.

**Platinbromid in salzsaurer Lösung:** Keine brauchbare Reaktion.

**Platinjodid** (aus Platinchlorid und Natriumjodidlösung analog dem Platinbromid hergestellt), in

**jodwasserstoffsaurer Lösung:** Sehr feine amorphe Fällung, die in der feuchten Kammer meist nach einiger Zeit in eine feinkristallinische übergeht. — Empfindlichkeit 1:100.

**In neutraler Lösung:** Keine brauchbare Reaktion.

**Platinrhodanid** (analog dem Bromid und Jodid aus Natriumrhodanid und Platinchlorid hergestellt): Nach einiger Zeit bilden sich hell-rotviolette Prismen. — Empfindlichkeit 1:100.

**Goldbromid** (aus Natriumbromid und Goldchlorid analog den Platin-salzen hergestellt): Bis 1:5000 ziemlich starker, größtenteils amorpher Niederschlag; bei stärkerer Vergrößerung sieht man stellenweise kristallähnliche Gebilde zu kleinen Drusen vereinigt. Aussehen aber nicht im mindesten charakteristisch oder konstant. Zur Identifikation vollkommen ungeeignete Reaktion.

**Palladiumjodid:** Salzsauer: nur bei 1:100 große Mengen eines sehr feinen kristallisierten Niederschlages, der aus Stäbchen besteht.

**Jodwasserstoffsauer:** Nur bei 1:100 viele kleine rotviolette Kriställchen.

**Kadmiumazetat, salzsaure wässrige Lösung:** Keine brauchbare Reaktion.

**Antimontrijodid in HJ gelöst:** Keine brauchbare Reaktion.

**Wismuttrijodid in HJ gelöst:** Keine brauchbare Reaktion.

**Natriumperchlorat (fest verwendet):** Keine brauchbare Reaktion.

**Kupferreagens auf Aminosäuren:** Keine brauchbare Reaktion.

**Kaliumquecksilberjodid:** Bei 1: 100 zuerst feine Stäbchen, die sich in der feuchten Kammer zu langen Nadeln umlagern, bei 1: 1000 bilden sich nur mehr wenig solcher Nadeln. Im Überschuß des Reagens löslich! — Empfindlichkeit: 1: 1000.

**Chlorzinkjod:** Keine brauchbare Reaktion.

**Jodglyzerin, Jodessigsäure:** Keine brauchbare Reaktion.

**Pikrinsäure (fest):** Nur bei 1: 100 beim Eintrocknen am Rande wenig gelbe, dicke Nadeln.

**Pikrolonsäure (fest):** In der feuchten Kammer beim Stehen über Nacht gelbe, drusige Aggregate. — Empfindlichkeit 1: 100.

**Flaviansäure (fest):** Kein brauchbares Reaktionsprodukt.

**Trinitro-m-Kresol:** Freie Cholinbase (SCHUCHARDT, 25%ig gelöst) mit dem Reagens eintrocknen gelassen. Gelbe plattenförmige Fiedern, hygroskopisch, nicht sehr charakteristisch. — Erfassungsgrenze: 8γ.

**Trinitrobenzoësäure und Trinitroresorzin:** Keine brauchbaren Reaktionen.

**Dinitro-*α*-Naphtol:** Festes Reagens mit der verdünnten Lösung der freien Base eintrocknen gelassen. Gelbe bis braungelbe Nadelbüschel, vielfach verästelt. — Empfindlichkeit 1: 1000. Das Reaktionsprodukt schmilzt bei 103°, an Stellen, wo es sehr dicht liegt, unter leichter Gasentwicklung (Wasserdampf?).

**Dinitro-*β*-Naphtol:** Reagens fest, Lösung der freien Base. Auch nach mehrtagigem Stehen im Schwefelsäureexsikkator noch sirupöse Masse, in der sich einige breite gelbe Nadeln befinden, die sich bei 65° auflösen. — Empfindlichkeit: 1: 500.

**Goldchlorid:** Bei 1: 100 und 1: 1000 Niederschlag von schönen hellgelben Prismen, oft auch von fiedrigen Platten. Bei 1: 5000 bei langsamem Abdunsten noch einige Kristalle. Die Kristalle zersetzen sich nach einiger Zeit! — Erfassungsgrenze: 7γ.

**Goldjodid:** Von größter Wichtigkeit für den Ausfall dieser Reaktion ist die Zusammensetzung des Reagens. Wenn man mit einfachen Gemischen von Goldchlorid und Natriumjodid arbeitet, so bekommt man öfters Reagentien, die ein für diese Reaktion optimales Gleichgewicht enthalten, das aber nur sehr schwer und zufällig zu erreichen ist. Es wurde daher später für diese Reaktion nur das Natrium-Goldjodid verwendet, das nach der Vorschrift zur Darstellung von Kalium-Goldjodid in GMELIN-KRAUTS Handbuch, 7. Aufl., 1914, Bd. 5/2, S. 282, hergestellt wurde. Es wird nach dieser Vorschrift neutrale wässrige Goldchloridlösung allmählich zu wässriger Natriumjodidlösung gegeben, und zwar so lange, als sich der entstehende Niederschlag auflöst (4 Mol. NaJ, 1 Mol. AuCl<sub>3</sub>). Weiterer Goldchloridzusatz erzeugt einen bleibenden grünen Niederschlag von AuJ<sub>3</sub>, wobei das gebildete NaJAuJ<sub>3</sub> zersetzt wird. Mit dem so hergestellten Reagens wurden folgende Resultate erzielt: Neutrale Lösung: bis 1: 5000 beim Eintrocknen schwarze

Prismen und Stäbchen. Erfassungsgrenze:  $8\gamma$ . — Salzaure Lösung: nur bei 1:100 sofort sehr starke Fällung von sehr kleinen Stäbchen und Prismen. — Jodwasserstoffsäure Lösung: nur bei 1:100 sofort Fällung von vielen großen schwarzen Stäbchen und Prismen.

Phosphorwolframsäure: Bis 1:10000 sofort, bei 1:50000 nach einiger Zeit amorphe Fällung, mitunter sehr kleine, längliche Sechsecke enthaltend. — Erfassungsgrenze:  $0,8\gamma$ .

Phosphormolybdänsäure: Amorphe Fällung bis 1:10000. — Erfassungsgrenze:  $5\gamma$ .

Quecksilberchlorid: Eines der besten Reagentien auf Cholin! Verwendet wurde entweder eine konzentrierte alkoholische Lösung oder eine 50%ige alkoholische, konzentrierte, etwas salzaure Lösung des Salzes.

Zur Ausführung der Reaktion bringe man auf den Objektträger zuerst den zu prüfenden Tropfen und tropfe dann mit einer Pipette zwei bis drei Tropfen des Reagens in den Probetropfen. Es empfiehlt sich, den Tropfen jetzt sofort mit einem Deckglas zu bedecken und nach zirka zwei bis drei Minuten zu untersuchen. Die auftretenden Kristalle können von verschiedenen Größen sein, charakteristisch ist die Quadratform der auftretenden Formen und das Auftreten von Skelettformen, die dann oft gefiedert sind. Auch vierstrahlig-symmetrische kleine Drusen kommen vor. Abhängig ist die Form des Reaktionsproduktes hauptsächlich von dem Gehalt der Probe an fremden Bestandteilen; die oben beschriebene Mannigfaltigkeit der Formen findet sich hauptsächlich in Proben aus Pflanzenmaterial. Die Kristalle sind jedoch immer charakteristisch und eindeutig. Oft bilden sich in den Vermischungszonen von Probe und Reagens Ringe oder Teile von Ringen, die aus großen Mengen sehr kleiner Cholin-Quecksilberchlorid-Kristalle bestehen. Bei stärkeren Cholin-konzentrationen (1:1000, ja selbst 1:10000) kommt es oft vor, daß das Reaktionsprodukt amorph ausfällt. Wiederholung der Probe mit etwas verdünnterem Material gibt dann immer die charakteristischen Kristall-formen. Sollten in einer stark verunreinigten Probe einmal Kristallformen auftreten, deren Zugehörigkeit zum Cholin-Quecksilberprodukt nicht ohneweiters klar ist, so kann man durch Zufügen eines kleinen Tröpfchens stark verdünnter Cholinchlorhydratlösung (1:20000) zu einem neuen Probetropfen leicht feststellen, ob eine Vermehrung der fraglichen Kristalle erfolgte oder ob neben ihnen die für das Cholinquecksilber charakteristischen Formen auftreten. Diese Cholinquecksilberreaktion hat sich bei der Untersuchung von über 100 Pflanzenspezies auf Cholin neben der später zu besprechenden Jodjodkalireaktion aufs Beste bewährt. — Erfassungsgrenze: 0,4 bis  $0,8\gamma$ .

Alle anderen Quecksilberreagentien geben dasselbe Reaktionsprodukt wie das Quecksilberchlorid, nur ist die Empfindlichkeit dieser

Reaktionen mit der der oben erwähnten Reaktion nicht annähernd zu vergleichen (Empfindlichkeit: 1:100 bis 1:1000).

**Jod-Jod-Kali:** Als Reagens wurde das von STANĚK (Zeitschr. f. physiol. Chem., 46, 283) angegebene verwendet. Es besteht aus 200 g H<sub>2</sub>O, 100 g KJ und 153 g J und ist das empfindlichste und beste Reagens auf Cholin. In einer Verdünnung von 1:1000000 ist das Cholin noch sicher nachzuweisen. Die Reaktion wird folgendermaßen ausgeführt: Auf den Objektträger kommt ein nicht zu großer Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit, daneben ein Tropfen des tief dunkel-rotbraunen Reagens. Durch das Auflegen des Deckglases verbinde man die Tropfen so miteinander, daß sie sich nicht mischen können, sondern daß unter dem Deckglas eine Diffusionszone entsteht. In dieser Zone treten dann (meist in der stärker J-haltigen Hälfte) die charakteristischen Kristalle des Cholin-Jodproduktes, das vielleicht mit dem von STANĚK angegebenen und analysierten Enneajodid identisch ist, auf.

Die Kristalle sind, je nach der Menge des vorhandenen Cholins, verschieden groß, schiefe Prismen, sehr häufig und immer zu finden sind Zwillingsbildungen mit einspringenden Winkeln, oft auch fast tafelförmig ausgebildet, immer schwach durchscheinend (im Gegensatz zu den meist auch ausfallenden Jodkristallen, die tiefschwarz und nie durchscheinend sind). Die Farbe der Kristalle ist ziemlich hellgelblich-braun. Diese Reaktion ist die empfindlichste auf Cholin und sie läßt sich in der angegebenen Form ohneweiters auch für stark verunreinigte Proben, Pflanzenextrakte u. dgl. anwenden.

Die auftretenden Kristalle des Cholin-Jodproduktes sind nicht beständig und lösen sich nach kurzer Zeit in ölige Tropfen auf, die nach einiger Zeit auch verschwinden. Es ist notwendig, daß man jedes Präparat unter dem Mikroskop mindestens zirka fünf Minuten im Auge behält, um nach den Kristallen zu suchen, da sie sonst, zumal wenn sich die beiden Tropfen unter dem Deckglas etwas rascher mischen, leicht der Aufmerksamkeit entgehen können. — Erfassungsgrenze: 0,04 γ.

**Kalium-Wismut-Jodid, in salzsaurer Lösung:** Bei 1:100 und 1:1000 sehr viel, größtenteils amorpher Niederschlag, daneben kleine, feine Nadelchen; bei 1:5000 feine Nadelchen und kleine Prismen. 1:10000 viel weniger Reaktionsprodukt, die kleinen Stäbchen lagern sich plötzlich (wohl infolge von Erschütterung) in lange, sehr dünne Nadeln um. — Erfassungsgrenze: 4 γ.

**REINECKE-Salz:** (Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. 171, 1927, S. 310f.), konzentrierte wässrige Lösung. Bis 1:20000 sechsstrahlige, gefiederte Sternchen, deren Lichtbrechung nur wenig von der des Wassers abweicht und die daher erst im Polarisationsmikroskop deutlich sichtbar sind. — Erfassungsgrenze: 2 γ.

### Sublimation des Cholinchlorhydrates

#### a) Am Ring

Beim Versuch, das Cholinchlorhydrat über freier Flamme am Ring zu sublimieren, zersetzte es sich teilweise, ein Großteil sublimiert unzersetzt und gibt am Deckglas die Reaktionen des Cholins.

#### b) Im Vakuum-Sublimationsapparat nach KLEIN-WERNER

Bei zirka 200° sublimiert im Vakuum unzersetztes Cholinchlorhydrat in feinen, teils fiedrigen Nadelchen, die an der Luft fast momentan zerfließen und die Reaktionen des Cholins geben. Die Sublimation geht nur sehr langsam vor sich.

### Destillation des Cholins

Das Cholinchlorhydrat läßt sich im Mikro-Destillationsapparat weder in neutraler noch in alkalischer Lösung destillieren; es ist alles Cholin im Rückstand zu finden.

### Zersetzung im „Van Slyke“

Cholin wird im Aminostickstoffbestimmungsapparat nach VAN SLYKE während normaler Schüttelzeiten nicht merkbar zersetzt.

## V. Der Nachweis des Cholins in der Pflanze

Nachdem die Mikrochemie des Cholins studiert und empfindliche und eindeutige Reaktionen gefunden bzw. durchgearbeitet waren, konnte an den Nachweis des Cholins in der Pflanze geschritten werden.

Es war von vorneherein klar, daß an den Cholin-nachweis in der Pflanze mit einer gewissen Vorsicht herangegangen werden müsse, da ja die überall vorhandenen, sehr labilen Phosphatide als einen wesentlichen Baustein Cholin enthalten, mit dessen Abspaltung man gegebenenfalls rechnen mußte. Da nach SCHULZE (Zeitschr. f. physiolog. Chemie, Bd. 15, S. 153ff.) die Phosphatide leicht durch Alkalien, aber schwer durch Säuren gespalten werden, konnte der Gefahr einer Abspaltung des Cholins aus diesen Körpern durch Arbeiten in saurem Medium aus dem Wege gegangen werden. Aus diesem Grunde war es auch von vornherein klar, daß mit einem getrennten Nachweise von Cholin, das im Organismus als freie Base und solchem, das als Salz vorliegt, nicht zu rechnen war. Man mußte sich also mit der Feststellung, ob Cholin in nicht phosphatid-gebundener Form überhaupt vorhanden war, begnügen. Dieser Nachweis läßt sich nun auf verschiedene Art sehr leicht führen.

#### a) Der Nachweis im Schnitt

Sind in einem Pflanzenteil etwas größere Cholinmengen vorhanden, so gelingt es leicht, in einem Schnitt, den man in das Sublimat-Reagens

legt, das Cholin durch die charakteristischen Kristalle des Cholinquecksilberchlorids nachzuweisen.

b) Durch Sublimation

Im Vakuum-Sublimationsapparat nach KLEIN-WERNER lässt sich aus zerkleinertem trockenen Pflanzenmaterial, das man zweckmäßig vorher mit etwas salzaurem Alkohol anfeuchtet, zwischen 190 und 250° Cholin auf das Deckglas sublimieren. Die Sublimation geht nur langsam vor sich und allem Anschein nach nicht mit besonders guter Ausbeute. Es gelang nicht immer, wenn das Cholin im Extrakte gefunden wurde, es auch durch Sublimation nachzuweisen.

c) Durch Extraktion

Für die Aufarbeitung größerer Serien von zu untersuchendem Material hat sich die Extraktion als das gegebene Verfahren erwiesen. Nach verschiedenen Versuchen (Extraktion im Mikroextraktionsapparat nach KLEIN-TAUBÖCK, Extraktion mit kaltem Wasser usw.) wurde immer folgendes Verfahren eingehalten: Die zu untersuchenden Pflanzenteile wurden in kleinen Glastuben mit schwach salzaurem 96%igem Alkohol extrahiert, und zwar durch mindestens 24 Stunden in der Kälte. Der Salzsäurezusatz zum Alkohol soll eine Abspaltung von Cholin aus Phosphatiden in mehr minder alkalischem Medium verhindern. Nach der Extraktion kommt der Extrakt in kleine Schälchen und wird abdunsten lassen: gegebenenfalls kann man das Abdunsten durch gelindes Erwärmen auf dem Wasserbade beschleunigen. Um auch halbwegs mengenmäßig abschätzbare Resultate zu erhalten, nimmt man den Abdunstungsrückstand mit immer einer gleichen Menge Wasser auf. Annähernd gleiche Mengen Ausgangsmaterial und nicht zu geringe Mengen Extraktionsflüssigkeit vorausgesetzt (0,3 bis 1 g Frischgewicht, zirka 5 ccm salzaurer Alkohol), lassen sich die erhaltenen Reaktionen mengenmäßig abschätzen. Von der mit 1 ccm Wasser aufgenommenen Probe wird ein Tropfen zur Anstellung der Reaktion verwendet. Es lassen sich bequem 10 bis 20 Parallelproben von einer Extraktion ausführen. Den Nachweis führt man am besten mit Quecksilberchlorid oder Jodjodkali, da diese beiden Reaktionen nicht nur die empfindlichsten, sondern auch die sind, welche am wenigsten durch andere Stoffe beeinflusst werden. Durch die Extraktion mit Alkohol, das darauf folgende Abdunsten des Extraktionsmittels und Wiederaufnahme des Rückstandes mit einem anderen Lösungsmittel wird ein Großteil der extrahierten Stoffe ungelöst zurückgelassen. Das Wiederaufnehmen mit Wasser braucht nur durch ein ganz kurzes Umschwenken zu geschehen, da das Cholinchlorhydrat, das ja vorliegt, hygroskopisch ist und an der Luft nicht kristallisiert, also auch nicht erst gelöst, sondern nur verdünnt zu werden braucht. Bei der Anwendung der Quecksilberchlorid-

reaktion muß man bei einem allfälligen Abschätzen von Mengen besonders vorsichtig sein, da die Größe und Menge der Kristalle des Reaktionsproduktes sehr von der Konsistenz der Probe abhängt.

Bei der Anwendung der Jodjodkaliprobe (die in den meisten Fällen als Parallelprobe zur Quecksilberchloridreaktion ausgeführt wurde) macht die ungleiche Ausbildung und Ausdehnung der Diffusionszone, in der sich das Reaktionsprodukt bildet, eine mengenmäßige Abschätzung fast noch schwieriger als bei der Sublimatreaktion.

## VI. Aufarbeitung von Pflanzenmaterial

Mit Hilfe der angegebenen mikrochemischen Reaktionen konnte an die Aufarbeitung von Pflanzen auf breiter Basis gegangen werden. Der Vorgang bei der Aufarbeitung war folgender: 0,5 bis 1 g des frischen Pflanzenmaterials wurde in kleinen Glastuben mit zirka 5 ccm 96%igem Alkohol übergossen. Der Alkohol enthielt auf je 100 ccm 1 bis 2 ccm 2n-HCl. Die Proben wurden in der Kälte mindestens 24 Stunden extrahiert. Dann wurde der Alkohol in ein kleines Schälchen abdekantiert und (eventuell unter Erwärmung auf dem Wasserbade) abdunsten gelassen. Dann wurde mit 1 ccm Wasser rasch aufgenommen und sofort mit einem Tropfen dieser Flüssigkeit die Reaktionen angestellt.

Es wurden folgende Pflanzen bzw. deren angegebene Teile auf Cholin untersucht und, mit Ausnahme der drei Flechten, alle als cholinhaltig befunden.

### *Schizophyceae:*

*Tolypothrix penicillata* (aus dem Lunzer Untersee)

*Rivularia Biasclettiana* „ „ „ „

*Schizothrix* sp. „ „ „ „

### *Chlorophyceae:*

*Chara contraria*, aus 2,3 und 7 m Tiefe des Lunzer Untersees.

*Chara rудis*, aus dem Lunzer Untersee.

*Chara contraria*, aus einem Fischteich am Lunzersee.

*Zygnum malen*, vom Südufer des Lunzer Untersees.

### *Ascolichenes:*

<i>Evernia prunastri</i>	}	Kein Cholin gefunden!
<i>Parmelia sulcata</i>		
„ <i>perforata</i>		

### *Bryales:*

*Cratoneuron filicinum*

*Dicranum Sauteri*

*Fontinalis antipyretica*, aus dem Lunzer Untersee aus 2 und aus 13 m Tiefe

*Polytrichum strictum*

*Sphagnales:**Sphagnum medium**Equisetales:**Equisetum limosum**Filicales:**Scolopendrium vulgare**Gymnospermae**Abietaceae:**Abies alba*, alte und junge Nadeln.*Larix decidua*, „ „ „ „*Pinus montana*, Nadeln, Zapfen.*Pinus silvestris*, alte und junge Nadeln.eine Galle auf *Picea excelsa*.*Angiospermae**Dicotyledones**Salicaceae:**Salix* sp., Rinde, Holz, Blätter.*Polygonaceae:**Fagopyrum* sp., 14tägige Keimlinge, Stengel, Blätter, Samen (gequollen und ungequollen), etiolierte Keimlinge.*Chenopodiaceae:**Beta vulgaris* subsp. *Rapa* f. *rubra*, Blätter, Wurzel.*Cactaceae:**Cereus silvestris* (wenig Cholin!)*Opuntia Bergeriana**Phyllocactus* sp., junger und alter Sproß.*Phyllocactus Cerei**Rhipsalis* sp.*Euphorbiaceae:**Euphorbia austriaca*, Blatt und Stengel.*Ricinus communis*, Wurzel von 14tägigen Keimlingen, Wurzel und Stengel von vierwöchigen etiolierten Keimlingen.*Ranunculaceae:**Aconitum vulparia**Ranunculus platanifolius*, Blatt und Stengel.  
„ *trichophyllus**Thalictrum* sp.*Berberidaceae:**Berberis vulgaris*, alte und junge Blätter.

*Cruciferae:*

*Brassica oleracea* f. *capitata* (Weißkraut), Blatt.  
 „ „ „ f. *sabauda* (Kohl), Blatt.  
 „ „ „ f. *gongylodes* (Kohlrübe), Blatt.

*Lunaria rediviva*, Blatt und Stengel.

*Droseraceae:*

*Drosera rotundifolia*

*Guttiferae:*

*Hypericum maculatum*, Blatt und Stengel.

*Crassulaceae:*

*Sedum altissimum*

*Cotyledon secundus glaucus*

„ elegans

*Echeveria* sp.

*Saxifragaceae:*

*Philadelphus coronarius*, Blätter.

*Saxifraga rotundifolia*, Blätter und Stengel.

*Rosaceae:*

*Aruncus silvester*, Blatt, Stengel und Blüte.

*Geum rivale*, Blatt, Stengel.

*Oenotheraceae:*

*Epilobium montanum*

*Papilionaceae:*

*Coronilla* sp., 14tägige etiolierte Keimlinge, Wurzel und Stengel.  
*Onobrychis viciaefolia*, 14tägige Keimlinge, Wurzel, Hypokotyl und Cotyledonen.

*Phaseolus* sp., Samen, gequollen und ungequollen.

*Pisum sativum*, Samen, Stengel von vierwöchigen etiolierten Keimlingen.

*Soja hispida* f. *nigra*, 14tägige Keimlinge, Wurzel, Hypokotyl, Cotyledonen und Blätter.

*Hippuridaceae:*

*Hippuris vulgaris*

*Balsaminaceae:*

*Impatiens noli tangere*, Blatt, Stengel.

*Vitaceae:*

*Parthenocissus quinquefolia*, junge Frucht, Sproß.

*Araliaceae:*

*Hedera helix*, Blatt.

*Umbelliferae:*

*Apium graveolens*, Blatt.  
*Astrantia major*, Blatt, Stengel und Blüten.  
*Heracleum sphondylium*, Blatt, Stengel und Blüten.

*Primulaceae:*

*Lysimachia nemorum*, Blatt und Stengel.

*Ericaceae:*

*Calluna vulgaris*  
*Vaccinium myrtillus*  
 „ *oxycoccus*

*Boraginaceae:*

*Lithospermum officinale*  
*Myosotis* sp.  
*Sympytum officinale*, Blatt und Stengel.

*Solanaceae:*

*Solanum dulcamara*, Blatt, Stengel, rote Beeren, grüne Beeren, beide frisch und getrocknet.  
*Solanum tuberosum*, Blatt, Blüten, junge Knolle.  
 „ *Lycopersicum*, 14tägige Keimlinge.

*Scrophulariaceae:*

*Alectrolophus montanus*  
 „ *hirsutus*  
*Digitalis ambigua*, Blatt, Stengel.  
*Euphrasia Rostkoviana*  
*Melampyrum silvicum*, Blatt, Stengel.  
*Scrophularia nodosa*.

*Orobanchaceae:*

*Orobanche caryophyllacea*, Stengel und Blüte.

*Labiate:*

*Ajuga reptans*, Blatt, Stengel.  
*Brunella officinalis*  
*Galeopsis speciosa*, Blatt, Stengel.  
*Lamium luteum*, Blatt, Stengel.  
 „ *maculatum*, Blatt, Stengel.  
*Origanum vulgare*, Blatt, Blüte.  
*Salvia verticillata*, Blatt, Stengel.  
*Satureja alpina*  
*Stachys officinalis*, Blatt, Stengel.

*Rubiaceae:*

*Galium mollugo*

*Valerianaceae:*

*Valeriana officinalis*, Blatt, Stengel.

*Dipsacaceae:*

*Knautia dipsacifolia*, Blatt und Stengel.

*Cucurbitaceae:*

*Cucumis sativus*, Blatt, junge Frucht, männliche Blüte.

*Campanulaceae:*

*Phyteuma orbiculare*, Blatt, Stengel.

*Phyteuma spicatum*, Blatt, Stengel.

*Campanula trachelium*, Blatt, Stengel.

„ *patula*

*Compositae:*

*Adenostyles alpina*, Blatt, Stengel.

*Aster bellidiastrum*

*Buphthalmum salicifolium*, Blatt, Stengel.

*Cirsium erisithales*, Blatt, Stengel.

„ „ *oleraceum*

*Kleinia* sp.

*Lactuca sativa*, grünes Blatt.

„ „ „ rotes Blatt.

Das grüne Blatt enthält ein Vielfaches der im roten Blatt enthaltenen Cholinmenge!

*Monocotyledones**Hydrocharitaceae:*

*Elodea canadensis*, aus dem Lunzer Untersee aus 2 und 7 m Tiefe.

*Potamogetonaceae:*

*Potamogeton pectinatus*

„ *praelongus*, aus dem Lunzer Untersee.

*Liliaceae:*

*Allium sativum*

*Lilium martagon*, Blatt, Stengel.

*Veratrum album*, Blatt, Stengel, Blüten.

*Amaryllidaceae:*

*Agave americana*

*Gramineae:*

*Avena sativa*, Blatt, Stengel, Samen, gequollen und ungequollen.

*Molinia coerulea*, Blatt, Stengel, Blüte.

*Hordeum sativum*, Blatt, Stengel.

*Panicum miliaceum*

*Orchidaceae:*

*Epipactis latifolia*, Blatt, Blüten.

Kein Cholin wurde also gefunden in:

*Ascolichenes*:

*Evernia prunastri*

*Parmelia sulcata*

„ *perforata*.

In den übrigen angeführten 115 Spezies, die wahllos von den verschiedenen Standorten entnommen wurden und die über das ganze System verteilt sind, findet sich überall Cholin. Vielleicht deutet der Mangel an Cholin in den Flechten auf einen besonders geringen Stoffumsatz in den betreffenden Organismen. Jedenfalls zeigt diese Zusammenstellung, daß es wohl kaum eine Pflanze geben dürfte, die kein Cholin in „freiem“ Zustand, d. h. nicht an Phosphatide gebunden, enthält.

## VII. Vorversuche zu einer Physiologie des Cholins

Es ist klar, daß exakte Versuche über den Wandel des Cholins im physiologischen Geschehen nur mit einer empfindlichen quantitativen Methode durchgeführt werden können. Die folgenden Versuche sollen nur einen ersten orientierenden Überblick über wahrscheinliche Zu- bzw. Abnahme des Cholingehaltes von Samen bei der Quellung und Keimung sowie bei Blättern im Laufe der Nacht verschaffen. Nach Fertigstellung der Ausarbeitung einer Methode zur quantitativen Cholinbestimmung mit kleinen Ausgangsmengen sollen die Versuche auf breiterer Basis wiederholt und weiter ausgebaut werden.

### a) Der Cholingehalt ruhender und gequollener Samen

Zu den Versuchen wurden je 0,2 g Samen verwendet und nach der früher beschriebenen Methode aufgearbeitet.

Es zeigte sich, daß bei *Phaseolus* (wo der Cholingehalt in den Samen auffallend groß ist) und bei *Avena sativa* nach 15stündiger Quellung in destilliertem Wasser eine deutliche Zunahme des Cholingehaltes eintrat. Bei den Samen von *Fagopyrum* sp. konnten wir diese Beobachtung nicht machen. Ein näherer Einblick in die hier vorliegenden Verhältnisse wird erst mit einer quantitativen Methode möglich sein.

### b) Der Cholingehalt von Keimlingen

Es wurden die Keimlinge aus je 0,2 g Samen von *Fagopyrum* sp. untersucht. Im Licht gezogene, 14tägige Keimlinge enthalten bedeutend mehr Cholin als gleich alte im Dunkeln gezogene Keimlinge. 3½ Wochen alte, grüne Keimlinge zeigen gegen die 14tägigen eine auch relative Zunahme des Cholingehaltes, während gleich alte etiolierte Keimlinge eine Abnahme des Cholingehaltes gegenüber dem Gehalt der 14tägigen zeigen.

### c) Der Cholingerhalt von Blättern

Eine kleine Versuchsserie sollte uns Aufschluß über eine etwaige Veränderung des Cholingerhaltes von Blättern im Laufe einer Nacht geben. Die Versuchsanordnung war folgende: Vor allem wurden die Blätter für die einzelnen Aufarbeitungen von möglichst gleich alten Zweigen genommen und auch bei der Auswahl der Blätter selbst wurde Rücksicht auf möglichst gleiches Alter der einzelnen Blätter genommen. Für jeden Versuch wurden aus der Blattfläche (mit Umgehung der Mittelrippe) je 20 Stanzen von einem Durchmesser von zirka 7 mm mit Hilfe eines Korkbohrers entnommen, in der üblichen Weise mit schwach salzaurem Alkohol extrahiert und wie gewöhnlich weiter verarbeitet.

Die Versuche wurden in einer klaren Nacht, die einem schönen Augusttage folgte, in der biologischen Station Lunz am See in Niederösterreich ausgeführt. Als Versuchsobjekte wurden folgende Pflanzen verwendet: *Acer* sp., *Helianthus tuberosus*, *Solanum tuberosum*.

Die Aufsammlung und Aufstellung zur Extraktion erfolgte um 18 Uhr, um 22 Uhr, um 2 Uhr und um 6 Uhr und es zeigte sich die interessante Tatsache, daß bei diesen 3 Pflanzen der Cholingerhalt im Laufe der Nacht deutlichen Schwankungen ausgesetzt war, die am größten bei *Helianthus tuberosus*, aber bei den anderen nicht minder deutlich und auffallend waren. Die geringste Cholinmenge war in den Blättern am Abend vorhanden (18 Uhr). Um 22 Uhr zeigte sich eine deutliche Zunahme des Cholingerhaltes, die sich bis um 2 Uhr noch verstärkte und vermutlich die Cholinmenge auf den etwa 4- bis 5fachen Betrag der am Abend vorhandenen Menge steigen ließ. Um 6 Uhr war bereits wieder eine deutliche Abnahme des Cholingerhaltes festzustellen. Leider fehlen uns die Vergleichswerte des Cholingerhaltes unter Tags.

Bei der Beurteilung der Resultate dieser Untersuchungen ist zu berücksichtigen, daß, wie schon erwähnt wurde, ein mengenmäßiges Abschätzen des Ausfalles der Cholinreaktionen sehr schwer ist.

### Zusammenfassung

Es wurden in der vorliegenden Arbeit Methoden ausgearbeitet, die einen raschen mikrochemischen Nachweis des Cholins ermöglichen. Mit diesen Methoden wurden über 100 Spezies aus den verschiedensten Pflanzenfamilien auf ihren Cholingerhalt sowie auf den Cholingerhalt ihrer Organe geprüft und es wurde das Cholin überall, in Stengeln, Blättern, Blüten, Holz, Rinde, Wurzeln usw. gefunden. Kein Cholin wurde nur in den drei untersuchten Flechten (*Evernia prunastri*, *Parmelia sulcata* und *Parmelia perforata*) gefunden.

Orientierende Versuche über die Veränderungen des Cholingerhaltes von keimenden Samen und von Blättern im Laufe einer Nacht geben Anhaltspunkte für starke physiologische Verschiebungen im Cholingerhalt.

Nach Beendigung der Ausarbeitung einer quantitativen Methode zur Bestimmung von Cholin in kleinen Mengen Ausgangsmaterial sollen die angedeuteten Fragen auf exakter quantitativer Grundlage näher untersucht werden.

### Literatur

#### Handbücher

**Beilstein.** Handbuch der organischen Chemie, 4. Aufl., Bd. IV.  
**Abderhalden.** Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. I, Tl. 7.  
**Oppenheimer.** Handbuch der Biochemie, 2. Aufl., Bd. I und IX.  
**Rosenthaler L.** Der Nachweis organischer Verbindungen. Stuttgart 1923.  
**Wintersteiner-Trier.** Die Alkaloide.  
**Klein G.** Praktikum der Histochemie. Springer 1929.

Neuere Arbeiten über Cholin vorkommen in pflanzlichen Phosphatiden

**Hansteen-Cranner.** Meldinger fra Norges Landbrukshøjskole, 1922, 1925.  
**Grafe-Magistris.** Planta, 1926.

**Grafe-Magistris,** Bioch. Zeitschr., 162.  
**Grafe-Horvath.** Biochem. Zeitschr., 159.

#### Zitierte Arbeiten

- <sup>1</sup> Liebigs Annalen, **123**, 353 (1862).
- <sup>2</sup> **Abderhalden.** Handbuch der Biologischen Arbeitsmethoden, Abt. I, Tl. 6, S. 78.
- <sup>3</sup> Archiv d. Pharmazie, **252**, 708 (1914). Winterstein-Trier, Die Alkaloide. S. 66.
- <sup>4</sup> **Guggenheim u. Löffler.** Biochem. Zeitschr., **74**, 208.
- <sup>5</sup> Ber. d. D. Chem. Ges., **44**, 1767.
- <sup>6</sup> Chem. Zentralbl., 1897, II, 1161. Zeitschr. f. Analyt. Chem., **37**, 341.
- <sup>7</sup> Pharm. Weekblad, 1918, 364.
- <sup>8</sup> Zeitschr. f. physiol. Chem., **15**, 153.
- <sup>9</sup> Chem. Zentralbl., 1928, I, 2952.
- <sup>10</sup> Chem. Zentralbl., 1928, I, 2511.
- <sup>11</sup> **Fürth.** Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie, 1925.

# Der Generations- und Phasenwechsel bei den Chlorophyceen

## (Ein historischer Rückblick)

Von

**Bruno Schüssnig (Wien)**

Innerhalb eines Zeitraumes von kaum vier Jahren hat die Erforschung des Generationswechsels bei den Chlorophyceen derart unerwartete Resultate gezeitigt, daß es nicht ganz überflüssig sein wird, wenn im folgenden die Entwicklung dieses Problems in chronologischer Reihenfolge wiedergegeben wird. Es wiederholt sich ein ähnliches Schauspiel wie zur Zeit der Entdeckung des Generationswechsels bei den Rhodo- und Phaeophyceen, bei denen allerdings die entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse solcher Art waren, daß man bis zu einem gewissen Grade den Verlauf der Phasen vorausahnen konnte. Die entwicklungsgeschichtlichen Umstände bei den Chlorophyceen dagegen waren seit jeher viel weniger übersichtlich, so daß es a priori unmöglich erschien, sich bestimmte Vorstellungen über den alternierenden Verlauf von Phasen oder Generationen zu bilden. Es ist wohl zur Genüge bekannt, daß bis in die letzte Zeit die herrschende Anschauung die war, daß die Chlorophyceen dem Typus der Haplobionten entsprechen, eine Auffassung, die in sämtliche Lehr- und Handbücher Eingang gefunden hatte. Selbst KNIEP<sup>15</sup> (1928) läßt in seinem neuen Werk über die Sexualität der Thallophyten, welches außerordentlich kritisch gehalten ist, nichts von einer anders gearteten Eventualität erkennen\*. PASCHER<sup>23</sup> (1927) ist meines Wissens der einzige gewesen, der im neuesten Chlorophyceenheft seiner Süßwasserflora die Vermutung ausgesprochen hat, daß möglicherweise unter den Siphoneen einzelne diplobiontische Typen vorhanden sein könnten. Seine Vermutung ist mehr subjektiver Art, denn, wie er mir schrieb, hat er keine zytologischen Gründe dafür gehabt. Es ist von Interesse zu erwähnen, daß PASCHER gerade die Gattung *Cladophora* als sicher haplobiontisch ansprach, ein Beweis dafür, wie schwer es ist, bei den Chlorophyceen zutreffende Prognosen über den Generationswechsel zu stellen.

\* Er erwähnt bloß auf S. 134 die Arbeit von M. WILLIAMS (s. unten) über *Codium tomentosum*, deren Bilder von der Reifungsteilung er für nicht sehr überzeugend hält.

Wenn sich trotz dieser Unsicherheit so lange die Annahme der Haploidie aller Chlorophyceen halten konnte, so wird man sich fragen müssen, welche Tatsachen es gewesen sind, die zu dieser Verallgemeinerung geführt haben. Sehen wir zunächst von den Conjugaten — die heute noch von vielen Forschern nicht zu den echten Chlorophyceen gerechnet werden — und von den Volvocalen — die, trotz ihrer deutlichen Beziehungen zu den Grünalgen, ihrer Organisation nach zum Flagellatenreich (Phytoflagellaten) gehören — ab, so bleiben einzig und allein zwei Angaben, auf die die Anschauung von der Haploidie der Chlorophyceen bis zum Jahre 1925 aufgebaut wurde. Die erste stammt aus dem Jahre 1905, in dem CH. E. ALLEN<sup>1</sup> (1905) bei der Keimung der Oospore von *Coleochaete* die Reduktionsteilung einwandfrei nachgewiesen hat. Auf Grund dieser Feststellung erscheint *Coleochaete* als ein Haplobiont, denn die Diplophase ist ausschließlich durch die ruhende Oospore repräsentiert. Elf Jahre später (1916) berichtete OEHLKERS<sup>21</sup> in einer kurzen Mitteilung über die ersten Kernteilungen in der auskeimenden Oospore von *Chara*. Obzwar es ihm damals nicht möglich gewesen ist, eine Synapsis oder sonst ein charakteristisches Stadium der Reduktionsteilung nachzuweisen, so konnte er es doch sehr wahrscheinlich machen, daß die Reduktionsteilung in der keimenden Oospore lokalisiert sein dürfte. Die Unsicherheit der OEHLKERSSEN Angaben geht auf die Ungunst des Objektes zurück, das, wie ich auch aus eigener Erfahrung weiß, außerordentlich schwer zu behandeln ist. Sie fanden aber eine indirekte Bestätigung in den älteren, gesicherten Ergebnissen der zytologischen Untersuchung durch ERNST, DEBSKY u. v. a., aus denen die gleiche Chromosomenzahl sowohl in den vegetativen als auch in den reproduktiven Zellen des Characeenkörpers hervorgeht. Daraus ergibt sich mit ziemlicher Sicherheit, daß auch die Characeen Haplobionten sein müssen.

Daß trotz diesem sehr geringen Tatsachenmaterial so weitgehende Schlüsse bezüglich des Phasenwechsels bei den Chlorophyceen gezogen wurden, darf nicht allein vom Standpunkte einer voreiligen Verallgemeinerung betrachtet werden. Man darf nicht vergessen, daß sowohl *Coleochaete* als auch *Chara oogam* sind und daher nach unseren phylogenetischen Anschauungen als Endglieder, als stark abgeleitete Typen aufgefaßt werden. Nichts lag daher näher, als bei jenen Typen, die auf einer niedrigeren Stufe des Geschlechtsaktes stehen — isogame Formen — das gleiche Schema der Phasenfolge zu vermuten und mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auch anzunehmen. Bestärkt wurde man in dieser Annahme auch durch den Vergleich mit analogen Verhältnissen bei anderen Thallophytengruppen, wie Rotalgen und Pilzen, bei denen im großen ganzen eine Übereinstimmung zwischen Entwicklungsgeschichtlicher Höhe und Generationswechselstufe nachweisbar ist.

Dasselbe Zusammentreffen von Oogamie und Haploidie ergibt sich aus der Untersuchung W. ZIMMERMANNS bei der Phytomonadengattung *Volvox*<sup>36</sup> (1921), in dessen Zygoten er die Reduktionsteilung feststellen konnte. Wenn auch diese Angaben, wie BĚLÁŘ sagt, „dürftig“ sind und „keinen genaueren Einblick in die Reifungsverhältnisse bieten“ — auch hier stellt sich die schwierige Behandlung des Objektes hemmend in den Weg! — so genügen sie vollauf, um das Prinzipielle an der hier zunächst interessierenden Frage festzulegen: das ist die Lokalisierung der Reduktionsteilung in der Zygote, wodurch dieser Organismus ebenfalls als Haplobiont erscheint. Der Befund ZIMMERMANNS wird übrigens indirekt durch die experimentellen Untersuchungen von E. SCHREIBER<sup>28</sup> (1925) an isogamen und anisogamen Volvocalen (*Gonium*, *Eudorina*, *Pandorina*) gestützt, aus denen die genotypische Trennung der Geschlechter in der Zygote hervorgeht. Diese Gattungen sind noch nicht zytologisch untersucht, es kann aber kaum ein Zweifel bestehen, daß nach diesem ihrem Verhalten auch hier die Reduktionsteilung in der Zygote erfolgt. Für die freischwimmenden Volvocalen, gleichgültig, ob sie iso- oder oogam sind, dürfte somit die Haploidie so gut wie erwiesen sein.

\* \* \*

Wenn wir schließlich auch noch die Conjugaten — deren Zugehörigkeit zu den Chlorophyceen meines Erachtens fraglos ist — in den Kreis dieser Betrachtungen ziehen, so haben wir nach den bisherigen Untersuchungen, die verhältnismäßig zahlreich sind, auch bei dieser Organismengruppe lauter Haplobionten vor uns. Schon aus den im Jahre 1891 erschienenen Untersuchungen von H. KLEBAHN<sup>14</sup> über die Keimung von Conjugatenzygoten ließ sich vermuten, daß die Reduktionsteilung in der Zygote, vor deren Auskeimung, vor sich gehen dürfte. Den ersten sicheren Beweis dafür brachte aber erst TROENDLE<sup>32b</sup> im Jahre 1911 an der Gattung *Spirogyra*, indem er in der Zygote die Reduktionsteilung nachwies. Ein Jahr später, 1912, wies KURSSANOW<sup>17</sup> (1912) dasselbe für die Gattung *Zygnema* nach. Ihnen folgte im Jahre 1914 KAUFMANN<sup>13</sup> mit einer ähnlichen Untersuchung über *Cylindrocystis* und in der allerletzten Zeit (1927, 1928) lieferte POTTHOFF<sup>24a</sup> <sup>24b</sup> weitere Beweise für die Richtigkeit dieser ersten Angaben durch seine sauberer Untersuchungen über *Hyalotheca dissiliens*, *Spirotaenia condensata* und *Netrium digitus*. Nach menschlicher Voraussicht können wir aus diesen Befunden den Schluß ziehen, daß die Conjugaten einen Phasenwechsel nach dem Typus eines Haplobionten besitzen\*.

\* \* \*

---

\* In diesem Zusammenhang verdient auch die Publikation von FR. v. WETTSTEIN über die künstliche haploide Parthenogenese bei *Vaucheria*

Schienen somit alle diese zytologischen und experimentellen Ergebnisse zugunsten der Haploidnatur der Chlorophyceen zu sprechen, so mußten bei genauerer Betrachtung der ontogenetischen Entwicklung einzelner Formen doch Bedenken aufsteigen. Ich meine damit jene Fälle, in welchen die Zygote, ohne bei der Auskeimung Teilungen zu erfahren, sofort das neue Individuum liefert. Wir finden Beispiele dafür unter den Siphoneen, wie den Cladophoreen, Codiaceen, Dasycladaceen u. a.; aber auch in der Ulothricheenreihe kannte man, seit den Untersuchungen von WILLE, SCHILLER<sup>27</sup> (1907) u. a. über *Ulva*, ein ähnliches Verhalten. Eine Keimung, bei welcher aus der Zygote vier (oder auch mehrere) Plano- oder Aplanosporen entlassen werden, bietet ohne weiteres die Möglichkeit einer Koppelung mit der Reifungsteilung und die daraufhin näher untersuchten Fälle, wie *Coleochaete* und die Mesotaeniaceen, brachten auch eine Bestätigung für diese Annahme. Bei den direkt zu einem neuen Individuum auswachsenden Zygoten dagegen sind a priori zwei Alternativen denkbar: Entweder macht die Zygote auch hier die Reduktionsteilung durch, ohne in vier Keimsporen zu zerfallen, oder die Reduktionsteilung unterbleibt und die Zygote wächst sofort zu einem diploiden Keimling aus. Die erste Alternative wäre allenfalls noch bei den Siphoneen denkbar gewesen, denn der Vorstellung, daß die Kerne des jungen, schlauchförmigen Keimlings bereits haploid gewesen wären, stand von vornherein nichts im Wege. Auf die Keimlinge von *Ulva* übertragen, hätte diese Vorstellung allerdings schon Schwierigkeiten bereitet, weil *Ulva* mit einem Faden auskeimt, der sich sukzedan in Zellglieder teilt. Außerdem steht dieser Vorstellungsmöglichkeit eine Erfahrungstatsache im Wege, nämlich die, daß die Reduktionsteilung immer in Organen stattfindet, die gegen Außenfaktoren entsprechend geschützt sind. Die Zygoten von *Ulva* oder von *Cladophora*, *Codium* usw., gehen aber vor der Auskeimung kein Ruhestadium ein, mit anderen Worten ausgedrückt, sie sind keine Hypnozygoten. Diese Überlegungen sprachen daher zu-

(Ber. d. deutsch. Bot. Ges., 38, 1920) erwähnt zu werden, weil aus diesen Experimenten die Haploidie dieser Gattung abgeleitet werden kann. Da durch die Untersuchungen von OLMANNS und DAVIS erwiesen ist, daß vor der Ausreifung der Geschlechtsorgane keine Reduktionsteilung erfolgt, so kann letztere nur in der keimenden Oospore vor sich gehen. Wenn letzteres der Fall ist, so ergeben sich für *Vaucheria* zwei Möglichkeiten: entweder ist diese Alge rein haploid oder sie stellt einen Miktohaplonten nach KNIEP vor. Im ersten Falle müßten allerdings drei Tetradenkerne zugrunde gehen. Ein entscheidendes Urteil in der *Vaucheria*-Frage wird sich erst fällen lassen, bis der Ort der Reifung und die Modalitäten derselben genau festgestellt sein werden, denn auch die kürzlich erschienene Mitteilung von J. R. MUNDIE über *Vaucheria geminata* (Bot. Gaz., 87., 1929), wonach die Reduktionsteilung im Eikern vor der Befruchtung erfolgen soll, ist nach den beigegebenen Abbildungen nicht sehr überzeugend. Die Möglichkeit für die Richtigkeit dieser Angabe allerdings ist nicht von der Hand zu weisen.

gunsten der zweiten Alternative, d. h., daß es unter den Chlorophyceen diploide Formen gäbe. Das sind Gedanken, die außer mir sicherlich noch viele andere mit sich herumgetragen haben; doch spruchreif waren sie nicht, solange die zytologischen Belege fehlten.

Diese Zweifel verdichteten sich dann im Jahre 1926 noch bedeutend mehr durch das Erscheinen von drei Arbeiten, die ganz bedenkliche Symptome gegen die Haploidnatur der Chlorophyceen enthielten. In der ersten dieser drei Publikationen beschäftigt sich NELLIE CARTER<sup>3</sup> (1926) mit der Zytologie und Entwicklungsgeschichte der Ulvaceen. Die Generationswechselfrage bleibt in dieser Arbeit unberührt, dafür liefert sie für *Monostroma latissimum* den experimentellen Nachweis, daß die Gameten liefernden Thalli getrenntgeschlechtig sind. Wenn wir von den mehr kasuistischen Angaben über Oedogoniaceen, *Ulothrix* u. a. absehen, so ist das der erste sichere, experimentell ermittelte Fall von Diözie bei Chlorophyceen gewesen. Wenn diese Getrenntgeschlechtigkeit von *Monostroma* genotypisch wäre, so stünde natürlich gegen die Annahme der Reduktionsteilung in den Zygogen — in Analogie zu den Volvocalen — nichts im Wege. Sie läßt aber ebenso die andere Möglichkeit offen, daß nämlich die Reduktionsteilung auch an einer anderen Stelle der ontogenetischen Entwicklung des Organismus erfolgen kann. Im ersten Falle wäre die haplobiontische Natur von *Monostroma* gegeben, im zweiten würde sich das Bild der Alternation ergeben. Da N. CARTER die Reduktionsteilung nicht gesehen hat, so muß die Entscheidung dieser beiden Fragen einer neuerlichen Untersuchung überlassen werden.

Die zweite, im selben Jahr erschienene Arbeit stammt von A. A. KORSCHIKOW<sup>16</sup> (1926). Sie befaßt sich mit der Neubeschreibung und mit der Entwicklungsgeschichte von neuen Protococcalen und Volvocalen und deren phylogenetischen Beziehungen. Bei einer dieser neubeschriebenen Formen, und zwar bei *Apicoccus consociatus*, zieht der Verfasser aus dem empirisch ermittelten ontogenetischen Ablauf den Schluß, daß sie diploid sein dürfte. Die runden, einzeln oder zu Komplexen von zwei und vier Individuen vorkommenden Zellen erzeugen nämlich Gameten, welche paarweise miteinander kopulieren. Aus der sich daraus entwickelnden Zygote geht direkt eine neue vegetative Zelle hervor, die sich durch vegetative Zweiteilung vermehren kann. Zytologisch ist dieser Fall leider noch nicht untersucht, doch liegt nach dem entwicklungs geschichtlichen Verhalten dieses Organismus der Schluß sehr nahe, daß wir es mit einem Diplobionten zu tun haben. KORSCHIKOW zählt die Gattung *Apicoccus* zu den Volvocalen. innerhalb welcher sie einen unbeweglichen, an der Oberfläche des Wassers wachsenden Typus darstellt. Die Gründe, die der Verfasser zugunsten dieser Annahme vorbringt, sind durchaus plausibel und überzeugend, wodurch der vorliegende Fall noch mehr an Bedeutung gewinnt.

Der dritte, im selben Jahr bekannt gewordene Fall, welcher geeignet erschien, die haploide Natur der Chlorophyceen in Frage zu stellen, bezieht sich auf eine Characee, von der aber der Autor A. H. TUTTLE<sup>33</sup> (1926) bedauerlicherweise weder die Gattung noch die Spezies angibt. TUTTLE weist in seiner vorläufigen Mitteilung nach, daß die Reduktionsteilung bei dieser fraglichen Characee in den jungen Anlagen der Geschlechtsorgane vor sich geht\*. In den Antheridienanlagen erfolgt die Reduktionsteilung in der Initialzelle, vor der Aufteilung derselben in die vier Quadrantenzellen. In der Oogoniumanlage soll die Reduktionsteilung an der homologen Stelle erfolgen, bloß mit dem Unterschiede, daß von den vier Quadrantenzellen nur eine zum fertilen Oogon wird, und die drei übrigen die sogenannten „Wendezellen“ (in denen der Autor sogar den zweiten Teilungsschritt der Reduktionsteilung nachweist) liefern. Text und Abbildungen dieser Arbeit wirken im ersten Augenblick außerordentlich suggestiv, namentlich durch die Übereinstimmung der zytologischen und anatomischen Verhältnisse. Die Homologisierung der Quadrantenzellen im Antheridium mit den Wendezellen des Oogoniums sprechen sehr zugunsten der TUTTLESchen Angaben. Leider stehen sie in schroffem Gegensatz zu den alten, gesicherten Angaben von ERNST<sup>6</sup> (1918) und DEBSKI<sup>5a</sup> <sup>5b</sup> (1896, 1898), wie auch zu den neueren, durchaus verlässlichen Untersuchungen von LINDENBEIN<sup>19</sup> (1927) und von KARLING<sup>12</sup> (1926), welche alle sowohl in den vegetativen Zellen als auch in denen der Geschlechtsorgane die gleiche — also wohl die haploide — Chromosomenzahl feststellten\*\*. Ich selbst untersuchte die jungen Geschlechtsorgane von zwei *Chara*-Arten (unveröffentlicht) und konnte ebensowenig wie alle anderen die Angaben von TUTTLE bestätigt finden. Mein an ihn gerichteter Brief, mit der Bitte um nähere Aufklärungen des Falles, blieb bis auf den heutigen Tag unbeantwortet. Ich möchte hier noch erwähnen, daß ich durch eine Schülerin von mir die Keimung von *Chara*-Zygoten neuerdings untersuchen ließ, daß aber diese Untersuchungen im verflossenen Jahr infolge der Ungunst des schwierigen Objektes zu keinem abschließenden Resultat führten. Dieselben Schwierigkeiten in der Behandlung dieser Objekte waren es auch, die, wie mir Professor OEHLKERS selbst mitteilte, ihm eine genauere Untersuchung des Reifungsprozesses unmöglich machten. Meine Untersuchungen laufen derzeit weiter, bis die technischen Schwierigkeiten

\* Dieser, mit entsprechenden Abbildungen versehenen Mitteilung ging eine kürzere voraus, die zwei Jahre früher<sup>33a</sup> (1924) erschienen war.

\*\* Zu demselben Schluß kommt auch E. WALThER in einer kürzlich erschienenen Arbeit: „Entwicklungsgeschichtliche und zytologische Untersuchungen an einigen Nitellen.“ (Arch. KLAUS-Stiftung f. Vererbungsforschung usw., 4, 1929), die mir aber zur Zeit nur aus dem Referat in den Berichten ü. d. wiss. Biologie (12, 1/2, 1929) her bekannt ist.

überwunden sein werden, denn der Fall der Characeen muß unbedingt endgültig bereinigt werden.

\* \* \*

Von der Arbeit TUTTLES abgesehen, deren Inhalt momentan schwer in Einklang mit unseren bisherigen Tatsachen zu bringen ist, haben die Publikationen von N. CARTER und von KORSCHIKOW zur Zeit ihres Erscheinens mehr weniger den Wert von Indizien gehabt. Das Verdienst, zum ersten Male den exakten zytologischen Beweis erbracht zu haben, daß bei den Chlorophyceen der Phasenwechsel grundsätzlich anders verlaufen kann als bisher angenommen wurde, gebührt Miß MAY WILLIAMS<sup>35</sup> (1925). Ich habe diese Arbeit, welche bereits im Jahre 1925 erschienen ist, absichtlich erst an dieser Stelle erwähnt, weil dies mit der geschichtlichen Entwicklung unserer Kenntnisse besser übereinstimmt. Die WILLIAMSSche Arbeit wurde nämlich — wenigstens was das deutsche Sprachgebiet betrifft — erst im Jahre 1927 in der Öffentlichkeit bekannt, und zwar durch die in den „Tabulae Biologicae“ erschienene Chromosomenliste von G. TISCHLER<sup>31</sup> (1927). Professor TISCHLER, dem zu jener Zeit die fragliche Arbeit nur von einem Referate her bekannt war, führte die WILLIAMSSche Angabe noch etwas zögernd an, eine Skepsis übrigens, die jedermann nur zu gut verstehen wird, der die damalige Konstellation in der herrschenden Anschauung kennt. Bevor ich aber auf die Resultate von Miß WILLIAMS eingehe, möchte ich noch eine andere Publikation erwähnen, die im selben Jahre in Rußland erschienen ist.

Diese Arbeit stammt aus der Feder von KURSSANOW und SCHEMAKHANOWA<sup>18</sup> (1927) und befaßt sich mit dem Phasenwechsel von *Chlorochytrium Lemnae*. Der ontogenetische Formwechsel dieser Protococcale geht folgendermaßen vor sich: Die aus der paarweisen Vereinigung von Gameten hervorgegangene schwärmende Zygote dringt in die Interzellularräume von *Lemna* ein und entwickelt sich dort zu jenem Stadium, welches die zeitlich am längsten währende ontogenetische Phase darstellt und gemeinhin für das vegetative Stadium dieses Organismus angesehen wird. Bei der Fortpflanzung zerfällt diese „Zelle“ in eine größere Anzahl von Zysten, deren Inhalt später in die Gameten aufgeteilt wird. Letztere werden durch eine Öffnung in der Zystenwand frei, kopulieren paarweise und liefern wiederum die ruhende „vegetative Zelle“. Die beiden russischen Forscher fanden nun, daß der in der Einzahl vorhandene Kern dieser Zelle, vor deren Zerfall in die Zystenanlagen, die Reduktionsteilung durchmacht. Somit ist die Zygote und die aus ihr direkt hervorgehende vegetative Zelle diploid, die Zysten selbst und die in ihnen entstehenden Gameten dagegen haploid. KURSSANOW und SCHEMAKHANOWA erblicken in diesem Verhalten einen Generations-

wechsel, doch glaube ich, daß diese Schlußfolgerung etwas zu weit geht. Wenn man die aus einem Individuum hervorgehenden Zysten und allenfalls noch die Gameten als „Generation“ auffaßt, darüber läßt sich reden. Eine einzelne Zelle aber, die sich bis zum Eintritt der Fortpflanzung nicht teilt und bis zur Reduktionsteilung einkernig verbleibt, wird man schwerlich als „Generation“ ansprechen können. Meiner Meinung nach ist der Fall von *Chlorochytrium* folgendermaßen zu interpretieren: *Chlorochytrium Lemnae* muß noch als Haplont gelten, denn, quantitativ genommen, ist die Haplophase unbedingt vorherrschend. Was jedoch diesen Organismus, speziell in phylogenetischem Sinne, so wertvoll macht, ist der Umstand, daß die Diplophase — als Zygote und vegetative Zelle zugleich — zeitlich eine erhebliche Ausdehnung erfahren hat. Wir haben somit in *Chlorochytrium Lemnae* den ersten sicheren Fall vor uns, bei dem die Zygote physiologisch die Funktion einer vegetativen Zelle angenommen hat. Damit ist aber auch der erste Schritt für den Übergang von der reinen Haploidie zum Haplodiplobionten und über diesen hinaus zum Diplobionten gemacht.

Wenn also auch diese Untersuchung von KURSSANOW und SCHEMAKHANOWA nicht geeignet erscheint, eine entscheidende Bresche in die Anschauung von der Haploidnatur der Chlorophyceen zu schlagen, so bedeutet hingegen das Resultat der WILLIAMSSchen Untersuchung einen wichtigen Wendepunkt in der Geschichte dieses Problemes (vgl. auch die Bemerkung H. KNEIPS, a. a. O., S. 134). Durch den über jeden Zweifel erhabenen Nachweis, daß die Reduktionsteilung in den Kernen der Gametangien von *Codium tomentosum* vor sich geht, hat sie den Beweis erbracht, daß diese Siphonee ein Diplobiont ist. Eine andere Deutung dieses Falles ist kaum denkbar, da *Codium* sich nur sexuell durch Anisogameten fortpflanzt und die Zygote sofort das neue Individuum liefert.

\* \* \*

In dem nun folgenden Abschnitt meiner Ausführungen bin ich genötigt, die sachlichen Begebenheiten mit persönlichen Parenthesen zu verquicken. Trotzdem dazu eine natürliche Veranlassung gegeben ist, hätte ich es nicht getan, wenn mich nicht einige Angriffe seitens Professor MAX HARTMANNS zu diesem, mir sonst wesensfremden Vorgehen gezwungen hätten.

Von der Existenz der WILLIAMSSchen Arbeit erfuhr ich zum ersten Male im September 1927 während meines Aufenthaltes an der Biologischen Anstalt auf Helgoland, wo ich in den *Tabulae Biologicae* die TISCHLER-sche Chromosomenliste vorfand. Ich muß gestehen, daß ich damals die Angabe über *Codium tomentosum* mit demselben Mißtrauen aufnahm, mit welchem TISCHLER selbst sie angeführt hatte. Im darauffolgenden

November revidierte ich die Präparate einer meiner Dissertantinnen, die mit der Untersuchung der Schwärmerbildung bei *Cladophora glomerata* beschäftigt war\*. Bei dieser Gelegenheit fielen mir in einigen sporogenen Zellen einzelne Kernteilungen auf, die sich von den gewöhnlichen, somatischen, auf den ersten Blick unterschieden. Ein genaueres Studium dieser Mitosen führte mich zu der Überzeugung, daß es sich um Stadien der heterotypen Teilung handelte. Das Material, das mir damals zur Verfügung stand, war weder reichlich noch mit der genügenden Sorgfalt gesammelt, um die angeschnittene Frage restlos zu beantworten. Die wenigen Kernteilungsbilder, die ich damals festgestellt hatte, reichten jedenfalls aus, um prinzipiell zu konstatieren, daß die Reduktionsteilung bei *Cladophora* nicht, wie allgemein erwartet wurde, in den Zygoten, sondern in den fertilen Zellen, vor der Bildung der Schwärmer, vor sich geht. Darüber war ich mir schon Ende Dezember 1927 ganz im Klaren. Diesen Befund teilte ich vor Weihnachten 1927 Herrn Dr. K. BĚLÁŘ brieflich mit. Gleichzeitig verfaßte ich eine kurze vorläufige Mitteilung<sup>29</sup>, die im ersten Heft des Jahrganges 1928 der Österr. Botanischen Zeitschrift<sup>29a</sup> (1928) erschienen ist\*\*.

Aus diesem Fund ergaben sich zwei Möglichkeiten: entweder war *Cladophora glomerata* ein Diplont, mit Zoosporangien und Gametangien auf demselben Individuum, oder diese zwei Fortpflanzungsarten kamen auf getrennten Individuen vor. Im letzteren Falle hätte man an das Vorhandensein eines Generationswechsels denken können. So weit verstieg ich mich damals nicht, sondern glaubte aus meinen, wie gesagt noch recht dürftigen Beobachtungen, mich für die erste Alternative entscheiden zu können. Daß dieser Schluß durch die Arbeit von Miß WILLIAMS, die ich nun im Original kennen lernte\*\*\*, beeinflußt ist, gebe ich ohne weiteres zu und ist menschlich begreiflich. Denn wer hätte im Jahre 1927 an einen Generationswechsel bei Chlorophyceen zu denken gewagt?

Meine späteren Untersuchungen, die ich in der Zeit vom Februar bis Oktober 1928 an der Zoologischen Station in Neapel ausführte, zeigten mir, daß meine Schlußfolgerungen, die ich aus dem Fall von *Cladophora glomerata* gezogen hatte, unrichtig gewesen sind. Ich lasse übrigens jetzt

\* Die Arbeit von Fr. Dr. HANNA CZEMPYREK, die sie im Sommer 1928 abgeschlossen hat, liegt als Dissertation (im Manuskript) im Archiv des philosophischen Dekanates der Universität Wien auf. Von einer Publikation dieser Arbeit habe ich bisher abgesehen, weil ich die Absicht habe, sie im Zusammenhang mit meiner Bearbeitung der Gattung *Cladophora* zu verewigen, mit welchem Vorgehen Fr. CZEMPYREK auch einverstanden ist.

\*\* Das Heft wurde, verspätet, erst am 1. März 1928 herausgegeben.

\*\*\* Die Beschaffung der WILLIAMSSchen Arbeit verdanke ich meinem Kollegen K. SCHNARF, der sie in der Bibliothek der Zoologisch-botanischen Gesellschaft auffand. Ich habe damals das Heft auch Herrn Prof. G. TISCHLER in Kiel zur Einsicht geschickt.

den Fall nachuntersuchen und kann jetzt schon voraussagen, daß sich *Cladophora glomerata* ebenso zu verhalten scheint, wie es nunmehr für die marinen Arten feststeht.

In Neapel verfolgte ich diese Frage an einer großen Zahl von *Cladophora*-Arten, wobei es mir in erster Linie darauf ankam, für die zytologische Untersuchung „phasenreine“ Individuen zu bekommen. Das ist bei dem verworrenen Wuchs der Cladophoren nicht immer leicht und es muß darauf jedenfalls sehr viel Sorgfalt angewendet werden. Über die Hauptergebnisse meiner Neapler Untersuchungen habe ich in zwei vorläufigen Mitteilungen in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft<sup>29b</sup> <sup>29c</sup> berichtet, so daß ich hier ganz kurz bloß den Inhalt derselben wiederzugeben brauche. In der ersten dieser beiden Mitteilungen<sup>29</sup> (1928), die der Schriftleitung am 20. Juli 1928 zugegangen und im Oktoberheft erschienen ist, konnte ich folgendes feststellen: Die Reduktionsteilung geht tatsächlich, so wie bei *Cladophora glomerata*, in den sporogenen Zellen und nicht in den Zygoten vor sich. Bis zum Juli 1928 hatte ich diese Tatsache bereits an fünf verschiedenen Arten des Neapler Golfes konstatiert. Ich muß dies deswegen etwas stärker betonen, weil mir HARTMANN, dem ich diese Resultate anfangs Juli mitteilte, in einem vom 10. Juli 1928 datierten Brief dies mit folgenden Worten bestritt: ...  
... „Mein Mitarbeiter, Herr Dr. FÖYN, hat während unseres dreimonatlichen Aufenthaltes in Teneriffa\* eine *Cladophora*-Art experimentell und zytologisch untersucht und ist dabei zu wesentlich anderer Auffassung gelangt. Es besteht bei dieser Art eine strenge Getrenntgeschlechtlichkeit, vermutlich genotypisch. Auch kommen Gameten- und Zoosporenbildung auf einer Pflanze nie vor. Zytologisch sprechen alle Bilder, die Herr FÖYN bisher erhalten hat, dafür, daß Reduktion bei der Zygotenkeimung stattfindet. Es finden sich dort sehr deutliche Geminibildungen, die meiner Meinung nach vielmehr den Eindruck von Reduktionsvorgängen erwecken als die von Ihnen gegebenen Bilder“... Der Einwand, der sich auf das getrennte Vorkommen von Gameten und Zoosporen bezieht, war durchaus berechtigt, er war aber schon überholt, denn ich schrieb im Juli 1928 folgendes: „Aus diesen durchaus empirisch gewonnenen Tatsachen“ — nämlich, daß die haploiden Schwärmer Keimlinge liefern — „geht zunächst eines mit Sicherheit hervor, daß es sich im Falle unserer Schwärmer nicht um parthenogenetische Gameten handeln kann... Es bleibt daher nur die eine Annahme übrig, daß die soeben beschriebenen Keimlinge junge Gametophyten darstellen... Von diesen Gametophyten läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit voraussagen, daß sie über kurz oder lang die kopulationsfähigen Gameten erzeugen werden, aus denen die Zygoten und aus diesen die diploiden Individuen hervorgehen werden.“

\* März bis Juni 1928.

Damit habe ich das getrennte Vorkommen von Gameten und Zoosporen auf verschiedenen Individuen zugegeben. Weiters war mir schon damals (also im Juli 1928) ziemlich klar, daß *Cladophora* einen antithetischen Generationswechsel besitzt, was ich aus dem Heranwachsen von Gametophyten in meinen Kulturen schloß. Dazu habe ich folgendes geschrieben: „Es fragt sich bloß, welchen Umfang diese Gametophyten annehmen werden, ob sie ähnlich wie die diploiden Individuen werden (etwa nach dem Typus *Dictyota*) oder ob sie kleiner bleiben (ähnlich wie z. B. bei *Laminaria*). Da aber von STRASBURGER gerade in Neapel Gametenkopulation bei einer *Cladophora*-Art nachgewiesen wurde, so ist eher der erstere Fall zu erwarten.“ Und am Schlusse noch folgendes: „Aus meinen Ausführungen geht das wichtige Resultat hervor, daß bei *Cladophora* aller Wahrscheinlichkeit nach ein antithetischer Generationswechsel vorhanden ist...“

Wenn ich im Juli 1928 das Vorkommen eines antithetischen Generationswechsel vorerst nur vermutungsweise aussprechen konnte, so gelang es mir in den folgenden Monaten (Herbst und Winter 1928/29) an zwei Neapler Arten den zytologischen Beweis für die Richtigkeit meiner Behauptung zu erbringen. Schon in der Nr. 10 vom 1. April 1929 der „Forschungen und Fortschritte“ berichtete ich in kurzgefaßter Form über diese Ergebnisse\*. In meiner zweiten Mitteilung<sup>29c</sup> (1929) über die Entwicklungsgeschichte der Siphoneen, die im Mai 1929 erschienen ist, konnte ich bereits folgendes auf Grund der Ergebnisse meiner Untersuchung resumieren: „Aus diesen Beobachtungen... geht nunmehr mit Sicherheit hervor, daß bei *Cladophora* ein typischer antithetischer Generationswechsel vorhanden ist. Da beide Generationen zumindest von makroskopischem Aussehen sind, so entspricht das ungefähr dem Typus *Dictyota* bzw. *Polysiphonia*.“

Daß ein antithetischer Generationswechsel bei *Cladophora* unmöglich wäre, wenn die Reduktionsteilung in der Zygote vor sich ginge — wie das HARTMANN noch im Sommer 1928 behauptete — ist klar. Indessen hat FÖYN in seiner kürzlich erschienenen Arbeit<sup>7</sup> (1929), auf die ich noch zurückkomme, meine Angabe bestätigt, so daß darüber kein Wort mehr zu verlieren ist. Damit ist auch die von HARTMANN im oben erwähnten Brief (s. S. 67) vertretene Interpretierung der Geminibildungen in den Zygotenkernen hinfällig, denn die Bilder und die Beschreibung, die FÖYN für die Mitosen in den auskeimenden Zygoten gibt, entsprechen ganz und gar den Bildern somatischer Kernteilungen.

Zum Generationswechsel selbst schreibt HARTMANN in seiner im Oktober 1929 erschienenen Mitteilung<sup>9a</sup> (1929), daß in meinen „bisherigen Veröffentlichungen der sichere experimentelle Nachweis des antithetischen

\* Neuere Forschungen über die Schlauchalgen des Meeres. Forschungen und Fortschritte, 5., Nr. 10, 1929.

Generationswechsels“ fehlt, „wenn er ihn auch durch seine Auffindung der Reduktionsteilung bei der Zoosporenbildung und den Nachweis des Vorkommens diploider und haploider Pflanzen (1929) sehr wahrscheinlich gemacht hat“. Zunächst möchte ich darauf hinweisen, daß durch die Betonung des Wortes „experimentell“ der unorientierte Leser den Eindruck der Ungenauigkeit meiner Untersuchungen gewinnen könnte. Man müßte vorher die Frage beantworten, was in diesem Falle unter „experimentell“ gemeint ist. Wenn man unter einem Experiment heute nur die Arbeiten im Laboratorium versteht, so hat HARTMANN recht, denn ich habe mein Material hauptsächlich im Freien verfolgt und im Freien gesammelt\*. Daß man dabei nicht schlecht fährt, zeigen andere ähnliche Untersuchungen. Als z. B. im Jahre 1906 YAMANOUCHI zum ersten Male den Generationswechsel bei *Polysiphonia violacea* nachgewiesen hat, so hat auch er die zu untersuchenden Individuen vom natürlichen Standort geholt, sie zytologisch untersucht, hat in den verschiedenen Individuen die Chromosomenzahl festgestellt und in den Tetrasporangien die Reduktionsteilung nachgewiesen. Er hat also mit anderen Worten genau das gemacht, was ich mit *Cladophora* gemacht habe, und seine Ergebnisse, die in der Folgezeit auch andere Forscher bestätigten, wurden niemals angezweifelt. Und nun noch zum Worte „wahrscheinlich“: Wahrscheinlich gemacht habe ich den antithetischen Generationswechsel in meiner ersten Mitteilung (Oktober 1928), — im Jahre 1929 (Mai), welches HARTMANN in seinem oben angeführten Satz zitiert, habe ich ihn bereits bewiesen, und zwar in derselben Art und Weise, wie ihn YAMANOUCHI bei *Polysiphonia* für uns Alle bewiesen hat!

Was das Experiment im Falle *Cladophora* betrifft, so ist dieses für das Sexualitätsproblem im weitesten Sinne des Wortes unumgänglich notwendig; von primärer Bedeutung, nämlich für die Aufdeckung des Generationswechsels ist es aber nicht. Wie unverläßlich das Experiment allein gerade in diesem Falle ist, geht am besten aus den Worten HARTMANNs selbst hervor. HARTMANN zog doch aus der Tatsache, daß bei *Cladophora* und *Chaetomorpha* Getrenntgeschlechtigkeit nachgewiesen werden konnte, den Schluß, daß die Reduktionsteilung in der Zygote erfolgen muß (s. den oben zitierten Passus seines Briefes). Ganz abgesehen davon, daß es nicht zu verstehen ist, warum eine genotypische Geschlechtertrennung nur dann möglich ist, wenn die Reduktionsteilung in der Zygote erfolgt, so geht aus alldem die Tatsache hervor, daß man auf experimentellem Wege überhaupt nicht den Verlauf der Generationen voraussagen kann. Hier ist und bleibt

\* Allerdings, den Schluß, daß die Zoosporen Gametophyten liefern<sup>29b</sup> (1928), zog ich zuerst aus meinen Beobachtungen an den von mir aufgestellten Kulturen, also experimentell (im engeren Sinn)!

die zytologische Untersuchung die einzige sichere Basis, die einzige Voraussetzung für alle anderen Fragen. Es zeigt sich also, daß man wohl aus zytologischen Befunden mit einiger Wahrscheinlichkeit auf die Art der Geschlechtertrennung schließen darf, daß man aber unmöglich nur aus dem Sexualitätsexperiment auf den wahren Tatbestand des Generationswechsels Schlüsse ziehen kann.

\* \* \*

In meiner ersten Mitteilung<sup>29</sup> über die Siphoneen vom Oktober 1928 teilte ich, außer den erwähnten Ergebnissen über *Cladophora*, weiters mit, daß es mir, ebenso wie Miß WILLIAMS gelungen ist, in den Gametangien von *Codium*, und zwar *Codium elongatum*, die Reduktionsteilung in den Gametangien nachzuweisen. Ich habe diese Art nur zur Bestätigung der WILLIAMSSchen Angabe untersucht, ohne mich bisher auf die Einzelheiten des Teilungsprozesses einzulassen. Letzteres muß ich auf einen späteren Zeitpunkt verschieben. Aus den übereinstimmenden Befunden von Miß WILLIAMS und von mir geht nunmehr die Tatsache mit Sicherheit hervor, daß *Codium* ein Diplobiont ist. Zweifel können höchstens darüber bestehen, ob die Gattung ein reiner Diplobiont ist oder ob man die haploiden Gametangien als eine, wenn auch stark reduzierte haploide Generation, bzw. Phase auffassen soll. Diese Frage wirft Miß WILLIAMS selbst auf, doch ist sie mehr von nomenklatiorischer Bedeutung. Wenn nun HARTMANN noch im Jahre 1929<sup>30</sup> die Angabe von MAY WILLIAMS mit der folgenden Fußnote versieht: „Diese Angabe scheint mir allerdings durch die wiedergegebenen Abbildungen von WILLIAMS nicht sicher erwiesen“, so möchte ich dazu nur sagen, daß die WILLIAMSSchen Abbildungen den sicheren „Eindruck von Reduktionsvorgängen erwecken“.

Im Mai, bzw. schon am 1. April 1929<sup>29</sup> (s. Fußnote auf S. 68) berichtete ich noch über einige Beobachtungen an der von mir neu entdeckten *Acetabularia Wettsteinii*, die bisher im Mittelmeer übersehen wurde. Ich fand in den Zysten, welche die Gameten erzeugen, etliche Kerne im Synapsis- und Diakinesestadium. Mehr konnte ich aus Zeitmangel bisher nicht verfolgen, doch ist die Feststellung dieser so charakteristischen Stadien genügend, um den Ort der Reduktionsteilung festzulegen. Somit erscheint diese Form auch als Diplobiont und es ist anzunehmen, daß *Acetabularia mediterranea* denselben Phasenwechsel besitzt. Leider konnte ich diese Art noch nicht untersuchen. Durch den zytologischen Befund ist zumindest für *Acetabularia Wettsteinii* zum ersten Male erwiesen, daß diese Form diplobiontisch ist.

\* \* \*

Im Oktober 1929 erschienen zwei für das Generationswechselproblem der Chlorophyceen sehr wichtige Arbeiten. Sie stammen aus der Feder von HARTMANN<sup>93</sup> (1929) und von FÖYN<sup>7</sup> (1929) und wurden von diesem letzteren im Auszug bei der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Vererbungswissenschaft im September 1929 (Tübingen) mitgeteilt. Ich will zunächst jenen Teil dieser beiden Arbeiten erörtern, welcher mit meinen eigenen Untersuchungen in engstem Zusammenhange steht. In der Arbeit von HARTMANN ist der Nachweis enthalten, daß bei *Chaetomorpha aerea* die gametenliefernden Individuen getrenntgeschlechtig sind, was auf Grund zahlreicher Kopulationsversuche einwandfrei erwiesen ist. Außerdem konnte HARTMANN bei dieser Form auf Grund der Chromosomenzahlen feststellen, daß sie sich in gleicher Weise wie die nahe verwandte *Cladophora* verhält, d. h. also, daß auch hier ein Generationswechsel vorhanden ist. Ich kann nicht umhin, den betreffenden Passus aus HARTMANNS Arbeit hier wörtlich zu zitieren, weil er in vielfacher Hinsicht von Interesse ist. Er schreibt a. a. O., S. 489 bis 490, wie folgt: „Der Umstand, daß Zoosporen und Gameten von verschiedenen Pflanzen gebildet werden und sich außerdem experimentell zwei Sorten von Gametenpflanzen (+ und —) nachweisen ließen, legte den Gedanken nahe, daß bei dieser Algengattung ein stärkerer Generationswechsel bestehe. Es fragte sich nur, ob die Reduktionsteilung bei der Keimung der Zygote sich vollziehe und die Zoosporenpflanze ein Miktohaplont (KNIEP 1928) wäre, oder ob sie bei der Zoosporenbildung erfolgt und die Zoosporenpflanze demnach ein echter diploider Sporophyt, die Gametenpflanze ein haploider Gametophyt wäre“. Ich erblicke in diesen Worten eine Bestätigung für meine weiter oben aufgestellte Behauptung, daß man aus dem Sexualitätsexperiment noch nicht auf den Ablauf des Generationswechsels schließen kann. HARTMANN gibt in diesen Sätzen ja selbst zu, daß zur Entscheidung dieser Frage die Feststellung des Ortes, an welchem die Reduktionsteilung erfolgt, nötig ist. HARTMANN schreibt weiter: „Nachdem FÖYN (s. unten\*) und SCHUSSNIG (1928) für die verwandte *Cladophora* das letztere nachgewiesen haben, war das natürlich auch für *Chaetomorpha* höchstwahrscheinlich“. HARTMANN gibt auch eine Erklärung für diese Lücke in seiner Untersuchung, indem er weiter sagt: „Für zytologische Untersuchungen ist leider *Chaetomorpha aerea* äußerst ungünstig, da die Kerne sehr klein sind. Trotzdem ließ sich mit Sicherheit feststellen, daß die Zoosporenceimlinge in den Prophasen etwa 10 Chromosomen aufweisen, während sich in den Zygotenkeimlingen ungefähr die doppelte Anzahl, also etwa 20, in Prophasen und frühen Metaphasen nachweisen lassen. Damit ist auch für *Chaetomorpha* ein antithetischer Generationswechsel

\* Gemeint ist die dem Bericht HARTMANNS im selben Hefte folgende Mitteilung von FÖYN<sup>7</sup> (1929).

nachgewiesen“. Nachdem ich ein Jahr vorher für die nahe verwandte *Cladophora* den genauen Ablauf des Generationswechsels ermittelt habe, erscheint die Schlußfolgerung HARTMANNS durchaus berechtigt.

Der große Wert der beiden Publikationen von HARTMANN und FÖYN liegt also zunächst darin, daß an *Cladophora* und außerdem noch an der nahe verwandten *Chaetomorpha* die Richtigkeit meiner Befunde bestätigt wurde, wodurch der Tatbestand auch auf experimenteller Basis gefestigt erscheint. Aber auch noch für eine weitere Behauptung von mir erbringen die beiden Autoren den experimentellen Beweis, nämlich für die Getrenntgeschlechtigkeit der Gametophyten. Schon in meiner ersten Mitteilung<sup>29b</sup> vom Oktober 1928 schreibe ich auf S. 489 folgendes: „Aus der Tatsache, daß diese soeben beschriebenen haploiden Individuen in der Folge einer Reduktionsteilung entstehen, wie auch aus dem Umstande, daß ich bei einer *Cladophora*-Art die Geschlechtschromosomen nachweisen konnte, geht jedenfalls mit ziemlicher Sicherheit hervor, daß diese haploiden Individuen geschlechtlich getrennt sind“. Da ich während meines Neapler Aufenthaltes keine Gelegenheit hatte, Kopulationsversuche anzustellen, so ist es sehr zu begrüßen, daß HARTMANN und FÖYN, ganz unabhängig von mir, auf experimentellem Wege diese Lücke ausgefüllt haben. Damit ist die Frage nach dem Generationswechsel bei *Cladophora* nach allen wichtigen Richtungen hin beantwortet und abgerundet.

Hier muß ich noch einige Worte über die Getrenntgeschlechtigkeit einfügen. Ich zitiere zuerst einige Äußerungen HARTMANNS über diesen Gegenstand. Im bereits erwähnten Brief heißt es: „Es besteht bei dieser Art“ — nämlich *Cladophora pellucida* — „eine strenge Getrenntgeschlechtlichkeit, vermutlich genotypisch“. Im Handbuch<sup>29b</sup> 1929 (S. 10) lautet es folgendermaßen: „Dagegen haben sich *Cladophora pellucida* (Huds.) Kuetz., die ebenfalls zu den Siphonocladiaceen gehört, und mehrere *Chaetomorpha*-Arten nach unveröffentlichten Versuchen von FÖYN und HARTMANN als streng getrenntgeschlechtlich erwiesen, so daß hier die Annahme genotypischer Geschlechtstrennung nahe liegt (s. unten, S. 30)“. Auf S. 30 lautet es weiter: „Nach den Angaben von N. CARTER (1926) ist auch die Ulvacee *Monostroma latissimum* (Kuetz.) WTR. getrenntgeschlechtlich, wobei es sich vermutlich um genotypische Geschlechtsbestimmung handelt... Das gilt auch für die Siphonocladiacee *Cladophora pellucida* (Huds.) Kuetz., für die FÖYN in ausgedehnten Versuchen eine strenge Getrenntgeschlechtlichkeit nachgewiesen (unveröffentlicht), sowie für verschiedene isogame *Chaetomorpha*-Arten, für die HARTMANN das gleiche gefunden hat (uned.)“.

Oktober 1929 (a. a. O.<sup>29a</sup>, S. 492 bis 493): „Welcher Art die bei *Chaetomorpha* und *Enteromorpha* nachgewiesene Getrenntgeschlechtlichkeit ist, ob sie genotypisch durch die Reduktionsteilung herbeigeführt

wird, was nach den Ergebnissen wohl am naheliegendsten ist, oder ob sie wie die bei *Ectocarpus* phänotypisch bestimmt ist, läßt sich heute noch nicht mit Sicherheit entscheiden. Dasselbe gilt auch für die unten berichteten Fälle von FÖYN über die Geschlechtstrennung von *Cladophora* und *Ulva*. Wenn allerdings das von SCHUSSNIG behauptete Vorkommen von Geschlechtschromosomen bei *Cladophora* zutreffend wäre, so wäre damit der Nachweis der genotypischen Geschlechtstrennung erbracht.

Da das aber nicht der Fall ist\* (s. die folg. Mitt. von FÖYN, S. 501), so kann dies nur durch den Nachweis eines Geschlechtsverhältnisses von 1:1 an den aus Zoosporen großgezogenen Gametophyten bewiesen werden, oder noch besser durch Aufzucht vorher geprüfter parthenogenetischer Gameten und die Prüfung der daraus entstandenen Geschlechtspflanzen auf ihr Geschlecht.“

Aus allen diesen Äußerungen — den letzten Passus ausgenommen — sieht man, daß HARTMANN zu der Ansicht neigt, daß bei *Cladophora* die Geschlechtertrennung auf genotypischem Wege erfolgt. Die Gründe, die er für eine gewisse Zurückhaltung anführt, unterstreiche auch ich, denn nur das Experiment könnte den letzten, unzweideutigen Beweis für diese Annahme bringen. Anderseits muß zugegeben werden, daß auf Grund unserer bisherigen Erfahrungen, die Auffindung eines X-Chromosomenmechanismus, wie ich ihn für *Cladophora Suhriana* nachgewiesen habe, sehr zugunsten der genotypischen Geschlechtsverteilung spricht. HARTMANN möchte aber diese Tatsache bestreiten und bezieht sich auf seinen Mitarbeiter FÖYN, der a. a. O. auf S. 501 in einer Fußnote folgendes schreibt: „Bei den von mir untersuchten Arten konnten Geschlechtschromosomen, wie es SCHUSSNIG für mehrere *Cladophora*-Arten behauptet hat, nicht nachgewiesen werden“. Das klingt allerdings ganz anders, denn d. h., daß er in seinen Objekten keine X-Chromosomen gefunden hat. Von den Untersuchungen von FÖYN liegen derzeit nur für *Cladophora pellucida* nähere Angaben und Abbildungen vor. Diese Art hat diploid 33 Chromosomen, eine für die relativ geringe Größe der *Cladophora*-Kerne ziemlich hohe Zahl, so daß es verständlich erscheint, daß bei der Kleinheit der Chromosomen prägnante Größen- und Formunterschiede derselben sehr leicht übersehen werden können. Allerdings ist auch hier die ungerade Zahl 33 etwas verdächtig, doch kann man daraus allein keine Schlüsse ziehen. Bei meinen Objekten, die ich genauer verfolgt habe, liegen die Größen- und Formverhältnisse der Chromosomen weit günstiger, weshalb es mir leichter fiel, das X-Chromosom zu agnoszieren. Bei der Diskussion in der Tübinger Tagung, die sich über diesen Gegenstand entspann, machte mir

\* Von mir gesperrt!

HARTMANN den Einwand, daß ich das X-Chromosom mit dem Nucleolus verwechselt haben kann. Ich betone nochmals, daß das Gebilde, welches ich für das X-Chromosom halte, in der heterotypen Prophase paarig vorhanden ist und sich auf die vier Tetradenkerne so verteilt, daß zwei davon je eine Hälfte mitbekommen und die anderen zwei nicht. Außerdem konnte ich in den ersten Mitosen der keimenden Schwärmer in getrennten Individuen  $6 + X$  bzw.  $6 + 0$  Chromosomen nachweisen. Das gleiche gilt natürlich von den somatischen Kernteilungen in den erwachsenen Gametophyten. Auch in den somatischen Pro- und Metaphasen des Diplonten ist das X-Chromosom, neben dem Nucleolus, morphologisch deutlich als dreizehntes Chromosom vorhanden. Schließlich möchte ich noch erwähnen, daß man in den Tetradenkerne, welche das X-Chromosom führen, neben diesem auch noch den richtigen Nucleolus findet. Dasselbe gilt auch für die Kerne des Sporophyten. Eine Verwechslung ist somit ausgeschlossen\*. Nach dieser Darlegung wendete mir HARTMANN ein, daß meine Interpretierung des Gesehenen unrichtig sei. Bezuglich dieses Einwandes muß wohl solange abgewartet werden, bis man für alle anderen Objekte, bei denen man bisher X-Chromosomen gefunden hat, eine neue Interpretierung ausgedacht hat. Das Argument, daß nämlich aus „theoretischen“ Gründen die Existenz des von mir aufgedeckten X-Chromosomentypus abgelehnt werden müsse, ist nicht einzusehen, weil der X-Chromosomentypus von *Cladophora* gar nicht im Widerspruch mit der Theorie steht.

Ich will über diesen Punkt nur noch soviel sagen. Die Existenz eines X-Chromosomes bei der Gattung *Cladophora* und die Art seiner Verteilung auf die Tetradenkerne, bzw. Gametophyten, steht durchaus im Einklang mit der experimentell erwiesenen Getrenntgeschlechtigkeit. Zumindest stehen diese zwei Fakten in keinem logischen Widerspruch. Mehr läßt sich heute darüber nicht sagen, das letzte Wort hat hier das Experiment. Der Ausführung desselben stehen leider momentan Schwierigkeiten in der Aufzucht der Schwärmer im Wege, die aber vielleicht einmal zu überwinden sein werden.

\* \* \*

Wir kommen nun zu der letzten bisher bekannt gewordenen Etappe in der Erforschung des Generationswechsels bei den Chlorophyceen. In den zwei schon erwähnten Mitteilungen von HARTMANN<sup>9a</sup> (1929) und von FÖYN<sup>7</sup> (1929) bringen sie das unerwartete und sehr schöne Ergebnis, daß auch *Ulva* und *Enteromorpha* einen antithetischen Generationswechsel besitzen. Der Diplont erzeugt die Zoosporen, der Haplont die Gameten.

---

\* Die Belege für alle diese Behauptungen werden in meiner demnächst erscheinenden Arbeit über *Cladophora Suhriana* geliefert werden.

Für *Ulva* konnte FÖYN auch den Nachweis erbringen, daß die Reduktionsteilung in den Zoosporangien vor sich geht. Ausgedehnte Kopulationsversuche mit beiden Gattungen zeigten, daß auch hier, wie bei *Cladophora* und *Chaetomorpha* die Gametophyten getrenntgeschlechtig, also diözisch sind. Dies stimmt gut mit den Angaben von N. CARTER für *Monostroma* überein; ob auch bei dieser Gattung ein Generationswechsel besteht, muß erst die zytologische Untersuchung, die heute noch aussteht, erweisen.

Damit ist die Reihe der Untersuchungen geschlossen. Die Zukunft wird zeigen, wie sich das Generationswechselproblem bei den Chlorophyceen weiter entwickeln wird. Mit den Kenntnissen bis vor wenigen Jahren verglichen, ist es sicherlich sehr viel, was in der letzten Zeit geleistet wurde. An der Zahl von Formen gemessen, die unter den Chlorophyceen bekannt sind, ist die Zahl gesicherter Tatsachen natürlich noch viel zu gering, um weitere Schlüsse zu ziehen. Speziell die letzten Arbeiten über die Phaeophyceen mahnen zur Vorsicht. Immerhin, für den Anfang ist es genug.

Daß ich gezwungen war, in dieser geschichtlichen Darstellung persönliche Auseinandersetzungen einzustreuen, ist bedauerlich, aber es war notwendig, um der Wahrheit zu ihrem Rechte zu verhelfen. Ich hoffe, daß ich in dieser Aufzählung keinen vergessen habe, der irgendwie an den Fortschritten dieses Forschungsgebietes wesentlich Anteil genommen hat. Sollte mir trotzdem eine solche Unterlassung unterlaufen sein, so möge man überzeugt sein, daß ich es nicht in böser Absicht getan habe. Ich glaube gerade durch diese Schrift gezeigt zu haben, daß ich mich für das Recht eines jeden einzusetzt habe.

Wien, im November 1929.

#### Literatur

- <sup>1</sup> **Allen Ch. E.** Die Keimung der Zygote bei *Coleochaete*. Ber. d. deutsch. Bot. Ges., 23, 1905.
- <sup>2</sup> **Bonnet J.** Reproduction sexuée et alternance des générations chez les algues. Progr. rei bot., 5, 1914.
- <sup>3</sup> **Carter N.** An Investigation into the Cytology and Biology of the *Ulvaceae*. Ann. of Bot., 46, 1926.
- <sup>4</sup> **Claussen P.** Fortpflanzung im Pflanzenreiche. Kultur d. Gegenwart, Abt. IV, 1, 1915.
- <sup>5a</sup> **Debski B.** Beobachtungen über die Kerntheilung bei *Chara fragilis*. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot., 30, 1896.
- <sup>5b</sup> —. Weitere Beobachtungen an *Chara fragilis*. Ebenda, 32, 1898.
- <sup>6</sup> **Ernst A.** Bastardierung als Ursache der Apogamie im Pflanzenreich. Jena, 1918.
- <sup>7</sup> **Föyn B.** Untersuchungen über die Sexualität und Entwicklung von Algen. III. Vorläufige Mitteilung ü. d. Sexualität u. d. Generationswechsel von *Cladophora* u. *Ulva*. Ber. d. deutsch. Bot. Ges., 47, 1929.
- <sup>8</sup> **Fritsch F. E.** Evolutionary Sequence and affinities among *Protophyta*. Biol. Reviews, 4, 1929.

<sup>9a</sup> **Hartmann M.** Untersuchungen über die Sexualität und Entwicklung von Algen. III. Über die Sexualität und den Generationswechsel von *Chaetomorpha* und *Enteromorpha*.

<sup>9b</sup> —. Verteilung, Bestimmung und Vererbung des Geschlechtes bei den Protisten und Thallophyten. Handb. d. Vererbungswissensch., 2, 1929.

<sup>10</sup> **Hemleben H.** Einige Bemerkungen über Generationswechsel, Abstammung und Geschlechtsverhältnisse der *Zygnemales*. Zeitschr. f. indukt. Abstammungslehre, 31, 1923.

<sup>11</sup> **Janet C.** L'alternance sporophyto-gametophytique des générations chez les algues. Limoges 1914.

<sup>12</sup> **Karling J. S.** Nuclear and Cell Division in *Nitella* and *Chara*. Bull. Torrey Club, 53, 1926.

<sup>13</sup> **Kaufmann H.** Über den Entwicklungsgang von *Cylindrocystis*. Zeitschr. f. Bot., 6, 1914.

<sup>14</sup> **Klebahn H.** Studien über Zygoten. I. Die Keimung von *Closterium* und *Cosmarium*. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot., 22, 1891.

<sup>15</sup> **Kniep H.** Die Sexualität der niederen Pflanzen. Jena, 1928.

<sup>16</sup> **Korschikow A. A.** On some new organisms from the groups *Volvocales* and *Protozoales*, and on the genetic relations of these groups. Arch. f. Prot., 55, 1926.

<sup>17</sup> **Kurssanow L.** Über Befruchtung, Reifung und Keimung bei *Zygnema*. Flora, 104, 1912.

<sup>18</sup> **Kurssanow L. et Schemakhanowa N. M.** Sur la succession des phases chez les algues vertes. Le cycle de développement du *Chlorochytrium Lemnae* Cohn. Russ. Arch. f. Prot., 6, 1927.

<sup>19</sup> **Lindenbein W.** Beitrag zur Cytologie der *Charales*. Planta, 4, 1927.

<sup>20</sup> **Lotsy J. P.** Vorträge über botanische Stammesgeschichte. I. Jena, 1907.

<sup>21</sup> **Oehlkers F.** Beitrag zur Kenntnis der Kernteilungen bei den Characeen. Ber. d. deutsch. Bot. Ges., 34, 1916.

<sup>22</sup> **Oltmanns F.** Morphologie und Biologie der Algen. 2. Aufl., 1923.

<sup>23</sup> **Pascher A.** Die Süßwasserflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Heft 4, 1927.

<sup>24a</sup> **Potthoff H.** Beiträge zur Kenntnis der Conjugatae. I. Unters. ü. d. Desmidiacee *Hyalothecea dissiliens* Bréb. f. *minor*. Planta, 4, 1927.

<sup>24b</sup> — Zur Phylogenie und Entwicklungsgeschichte der Conjugaten. Ber. d. deutsch. Bot. Ges., 46, 1928.

<sup>25</sup> **Printz H.** *Chlorophyceae*. In ENGLER-PRANTL, Natürl. Pflanzenfam., 2. Aufl., 3, 1927.

<sup>26</sup> **Renner O.** Zur Terminologie des Generationswechsels. Biol. Zentralbl., 36, 1916.

<sup>27</sup> **Schiller J.** Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung der Gattung *Ulva*. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wissensch. Wien, math.-naturw. Kl., I. Abt., 116, 1907.

<sup>28</sup> **Schreiber E.** Zur Kenntnis der Physiologie und Sexualität höherer *Volvocales*. Zeitschr. f. Bot., 17, 1925.

<sup>29a</sup> **Schüssnig B.** Die Reduktionsteilung bei *Cladophora glomerata*. Österr. Bot. Zeitschr., 77, 1928.

<sup>29b</sup> —. Zur Entwicklungsgeschichte der Siphoneen. Ber. d. deutsch. Bot. Ges., 46, 1928.

<sup>29c</sup> —. Zur Entwicklungsgeschichte der Siphoneen. II. Mitteilung. Ebenda, 47, 1929.

<sup>30</sup> **Svedelius N.** An Evaluation of the structural Evidences for genetic Relationships in Plants: Algae, Proc. of the International Congress of Plant Sciences, 1, 1929.

<sup>31</sup> Tischler G. Chromosomenzahlen, in *Tabulae Biologicae*. 1927.

<sup>32a</sup> Troendle A. Über die Kopulation und Keimung von *Spirogyra*. *Bot. Zeitg.*, 65, 1907.

<sup>32b</sup> —. Über die Reduktionsteilung in den Zygoten von *Spirogyra*. *Zeitschr. f. Bot.*, 3, 1911.

<sup>33a</sup> Tuttle A. H. The reproductive cycle of the *Characeae*. *Science*, 60, 1924.

<sup>33b</sup> —. The location of the reduction divisions in a charophyte. *Univ. Calif. Public.*, 1926.

<sup>34</sup> Wettstein R. v. Handbuch der systematischen Botanik. 3. Aufl., 1924.

<sup>35</sup> Williams M. Contrib. to the Cytology and Phylogeny of the Siphonaceous Algae. I. The Cytology of the Gametangia of *Codium tomentosum* Stackh. *Proc. Linn. Soc. New South Wales*, 1925.

<sup>36</sup> Zimmermann W. Zur Entwicklungsgeschichte und Zytologie von *Volvox*. *Pringsh. Jahrb. f. Wiss. Bot.*, 50, 1921.

# Karyologische Untersuchungen an drei Saisonformen des *Alectorocephalus hirsutus*

Von

**Johanne Wilcke** (Göttingen)

(Mit 17 Textabbildungen)

(Aus dem botanischen Institute der Universität Innsbruck)

## I. Einleitung

In noch laufenden Bastardierungsversuchen SPERLICHs mit verschiedenen Formen des *Alectorocephalus hirsutus* traten gewisse Fehlschläge auf, die eine Untersuchung des Chromosomenbestandes zunächst einmal der Eltern erforderten, um festzustellen, ob diese Abweichungen auf Ungleichheiten im Chromosomensatz zurückzuführen sind. Daneben war ein Studium der drei Formen an sich von Interesse, da die Möglichkeit bestand, daß ihre habituellen Unterschiede irgendwie in den Chromosomen, sei es durch verschiedene Zahl oder abweichende Form oder Größe, zum Ausdruck kommen könnten.

Noch von einem andern Gesichtspunkte war diese Untersuchung von Bedeutung. Werden doch gerade jetzt die zytologischen Befunde nahe verwandter Formen miteinander verglichen, um auf diesem Wege phylogenetische Probleme zu klären, wie TISCHLER (1928a) in seiner Arbeit „Über die Verwendung der Chromosomenzahl für phylogenetische Probleme bei den Angiospermen“ zu zeigen versucht. In der Familie der Scrophulariaceen sind zytologische Studien bis jetzt nur an folgenden Gattungen gemacht: *Verbascum*, *Calceolaria*, *Linaria*, *Antirrhinum*, *Pentastemon*, *Veronica*, *Digitalis* (TISCHLER 1927, Tab. Biol.). Umfassendere vergleichende Untersuchungen sind von HEITZ (1927a) bei *Antirrhinum* und verwandten Gattungen durchgeführt und von A. HUBER (1926) für die Gattung *Veronica*. HEITZ stellte fest, daß innerhalb einer Gattung Konstanz der Chromosomenzahl herrscht, die einzelnen Gattungen dagegen Unterschiede in der Zahl zeigen, während HUBER für *Veronica* neben einigen irregulären Zahlen eine polyploide Reihe fand.

Aus der Unterfamilie der Rhinanthoideen sind, soweit die zugängliche Literatur hierüber Aufschluß ermöglicht, bis jetzt noch keine Angaben über Chromosomen bekannt.

## II. Material und Methode

SPERLICH verwandte bei seinen noch nicht veröffentlichten Bastardierungsversuchen und zur weiteren Untersuchung der phyletischen Potenz (SPERLICH 1926) folgende drei Formen: *Alectorolophus hirsutus* All., *Alectorolophus arvensis* Seml. und *Alectorolophus ellipticus* Hausskn. Damit ist aber der Formenreichtum des sehr veränderlichen *Alectorolophus hirsutus* noch nicht erschöpft. (Näheres: STERNECK, Monographie der Gattung *Alectorolophus*, 1901.) *Alectorolophus hirsutus* All. — im engeren Sinne — ist eine wenig verzweigte, früh blühende Form, die auf Wiesen weit verbreitet ist. Ihre Hauptblütezeit fällt in den Mai. *Alectorolophus arvensis*, die Ackerform, ist hochwüchsig und stark verzweigt, sie blüht im Juni. Eine relativ seltene, auf verstreute kleine Areale beschränkte, spät blühende Form ist der *Alectorolophus ellipticus*. Er ist vegetativ sehr kräftig, die Internodien sind kurz, die Verzweigung ist noch stärker als bei der Ackerform. Im Gegensatz zu den mehr oder weniger lang ovalen Laubblättern der beiden frühen Formen trägt er elliptische Blätter verschiedener Breite. Auch zeichnet er sich durch zahlreiche Intercalärblätter (Tragblätter für unentwickelte Blüten) aus, wodurch die starke Verzögerung seiner Blütreife mit verursacht wird, er blüht erst im Juli-August.

Das Material für Wiesenform und *A. ellipticus* stammt aus dem Freilande. Die Wiesenform kommt sehr häufig in der Innsbrucker Umgebung vor, das Material wurde an einem Hügel bei Mühlau eingesammelt. Der *A. ellipticus* dagegen findet sich in der Nähe Innsbrucks nur im Höttinger Graben und ist hier auf ein kleines Gebiet beschränkt. Das Material für die Ackerform überließ mir Herr Professor Dr. ADOLF SPERLICH aus seinen Kulturen.

Für die Überlassung des Materials, sowie für das stete Interesse an der Arbeit möchte ich Herrn Prof. SPERLICH auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Die Ackerform stammt von Getreidefeldern des südlichen Böhmerwaldes und unterscheidet sich von der auch in Tirol erscheinenden Ackerform, *Alectorolophus buccalis* (WALLR.) STERNECK (DALLA TORRE 1912), besonders dadurch, daß sie mit der Wiesenform den Samenflügel gemeinsam hat. Die 1928 gewachsenen Pflanzen dieser Form stammen von zwei Stammpflanzen ab, deren Samen 1924 im Freilande eingesammelt wurden. Sie gehören drei Kulturgruppen an. Einige stellen die 4. Generation dar, die durch Selbstbestäubung aus den Stammpflanzen hervorgegangen ist. Ihre Samen haben also in jedem Jahre gekeimt. Die übrigen Pflanzen gehören der 3. Generation an, doch blieb bei einem Teil 1927 die Keimung aus, während der andere Teil schon aus zweijährig keimenden Freiland-samen hervorgegangen war. Die phyletische Potenz aller dieser Pflanzen

ist nach Angabe von Herrn Prof. SPERLICH weitgehend geschwächt, die Individuen selbst aber, von denen das Untersuchungsmaterial gewonnen wurde, sahen alle kräftig aus und waren stark verzweigt.

Als Fixierungsgemisch wurde Carnoy gebraucht, und zwar wurden die Knospen bzw. Fruchtknoten der verschiedenen Nodien einzeln fixiert, um die Feststellung zu ermöglichen, ob die verschiedene phyletische Potenz der einzelnen Nodien (SPERLICH 1926) irgendwie schon in den Sporenmutterzellen zum Ausdruck kommt. Während ich die Ackerform am Standort der Kulturen fixierte, nahm ich die Fixierung der beiden anderen Formen im Institut vor, wobei das Material in großen Aluminiumdosen, die mit feuchtem Filtrierpapier ausgelegt waren, ins Institut gebracht wurde, so daß es beim Fixieren noch ganz frisch war.

Von Anfang April bis Mitte Juni 1928 wurden Sproßvegetationspunkte, Knospen und Fruchtknoten in allen Größen von der Wiesenform eingesammelt und zunächst einmal untersucht, wann die Reduktionsteilung der Pollenmutterzellen stattfindet. Es zeigte sich, daß die Knospen zu diesem Zeitpunkte bereits eine beträchtliche Größe erreicht haben, der Längsdurchmesser beträgt etwa 2 mm. Die Ackerform wurde von Ende April bis Mitte Juli fixiert. Da mir hier nur wenig Material zur Verfügung stand, wurden auch die Knospen der Seitenachsen mitfixiert, während bei den beiden anderen Formen nur Knospen der Hauptachsen verwendet wurden. Auch wurden bei der Ackerform nur solche Knospen fixiert, bei denen man annehmen konnte, daß sich die Pollenmutterzellen bereits in Teilung befanden. Der *A. ellipticus* wurde von Ende Juni bis Mitte August eingesammelt. Neben Knospen, bei denen die Reduktionsteilung in den Antheren erreicht war, wurden aufs Geratewohl Knospen und Fruchtknoten verschiedenster Größe fixiert, um daran die Entwicklung der Samenknospe zu untersuchen.

Das Fixieren erfolgte zu den verschiedensten Tageszeiten, doch wurden stets zahlreiche Teilungen gefunden. Diese Beobachtung wurde in neuerer Zeit auch an anderen Objekten häufiger gemacht, z. B. von BLEIER (1925), A. HUBER (1926), KUHN (1926) und RISSE (1928).

Versuche mit der HEITZSchen Kochmethode (HEITZ 1926) wurden nur zur allgemeinen Orientierung über die Reduktionsteilung der Pollenmutterzellen ausgeführt. Zur genaueren Untersuchung wurde das Material der Paraffinmethode unterworfen und dann mit DELAFIELDSchem Hämatoxylin gefärbt. Dieses Verfahren erschien mir bei meinem Material sicherer, da die Chromosomen sehr klein sind. Die geeigneten Präparate wurden mit 620facher Vergrößerung photographiert. Herrn Prof. Dr. ADOLF WAGNER möchte ich auch an dieser Stelle noch einmal für die Einführung in die Mikrophotographie danken. Die Zeichnungen wurden dann nach den Photographien und Präparaten angefertigt, wobei die photographische Grundlage im allgemeinen dreimal vergrößert wurde. Die Vergrößerung

beträgt also rund 2000. In Fig. 11 bis 15 und 17 ist das Übersichtsbild unverändert abgezeichnet, während das in einzelnen Fällen gesondert gezeichnete Teilungsstadium dreifach vergrößert ist. In Fig. 16a und b ist das photographische Bild nur verdoppelt.

Die Schnittdicke beträgt bei den somatischen Teilungen und Reduktionsteilungen der Pollenmutterzellen  $10 \mu$ , während zur Untersuchung der Samenanlagen 14 bis  $20 \mu$  dick geschnitten wurde.

Da die drei Formen in ihren Chromosomen vollständig übereinstimmen, sowohl in bezug auf Zahl wie auch auf Form und Größe, sollen sie im folgenden gleich gemeinsam besprochen werden.

### III. Somatische Teilungen

Zur Untersuchung der somatischen Teilungen waren Sproßvegetationspunkte fixiert worden, außerdem boten auch die Gewebe des Fruchtknotens zahlreiche klare Bilder somatischer Teilungen. Die Zellen und Kerne der somatischen Gewebe sind verhältnismäßig klein. In den Ruhekernen war fast in allen Fällen das Chromatin zusammengeballt. Das Fixierungsgemisch war also für dieses Stadium nicht günstig. Die Teilungsstadien waren dagegen gut fixiert, doch sind die Chromosomen so klein und liegen oft so eng beisammen, daß die Feststellung ihrer Form sehr schwierig ist. Fig. 1a zeigt in einem besonders guten Präparat die länglichen, oft leicht gebogenen Chromosomen. Geringe Größenunterschiede treten hervor, doch können gerade die kleiner erscheinenden Chromosomen auch nach unten gebogen sein. Zum Zählen der Chromosomen wurden Polansichten (Fig. 1b) verwandt, in klaren Fällen ergab sich für alle drei Formen die Zahl 14, die dann auch in den Reduktions- teilungen bestätigt wurde.



Abb. 1. Somatische Teilungen. a Metaphase in Seitenansicht aus dem Fruchtknotengewebe der Wiesenform. Die Chromosomen sind länglich und leicht gebogen. b Metaphase in Polansicht aus dem Fruchtknotengewebe des *A. ellipticus*. Die diploide Zahl ist 14.<sup>1</sup> Vergr. 2000. — Reproduktion in Originalgröße

### IV. Reduktionsteilung der Pollenmutterzellen

Wie schon erwähnt, findet die Reduktionsteilung der Pollenmutterzellen erst statt, wenn die Knospe bereits eine beträchtliche Größe er-

<sup>1</sup> Die Darstellung von Chromosomen als leere Ringe will hier und in allen folgenden Bildern andeuten, daß diese Chromosomen in einem tieferen Horizonte liegen.

reicht hat. Die Knospen des *A. ellipticus* sind zu diesem Zeitpunkt jedoch etwas kleiner, da hier die ganze Blüte kleiner ist als bei den beiden andern Formen. Die Reduktionsteilung findet nicht in allen Loculi derselben Knospe zu gleicher Zeit statt, dagegen sind in einem Pollenfach stets fast dieselben Teilungsstadien zu finden. So kann man in einem Querschnitt durch eine Knospe die verschiedenen Teilungsstadien nebeneinander getrennt durch die Loculi finden. So ergab sich z. B. folgendes Bild: Ruhekerne, Diakinese, 1. Metaphase, 1. Anaphase, 2. Metaphase, 2. Telophase und Tetradsen.

Das Fixierungsgemisch erwies sich wie auch in den somatischen Teilungen nicht immer als günstig. Die Ruhekerne der Pollenmutterzellen und die ersten Teilungsstadien zeigten stets verklumpte Chromatinmassen. Erst in der Diakinese traten teilweise klare Bilder hervor.

Die Kernwand ist in diesem Stadium (Fig. 2) noch deutlich zu erkennen, auch der Nukleolus ist noch vorhanden, er ist jetzt verhältnismäßig groß. Die Chromatinfäden haben sich bereits vollständig verkürzt, die rundlichen Chromosomen sind zu Paaren geordnet. Ein Umschlingen der Partner ist wegen ihrer Kleinheit nicht möglich, doch wurde auch nie eine Vereinigung oder auch nur ein Berühren der gepaarten Chromosomen beobachtet, stets liegen sie in geringer Entfernung voneinander. Auch in den darauffolgenden Stadien konnte nie eine andere Lage festgestellt werden. Vielleicht haben sich in der Synapsis die gepaarten Chromosomen vereinigt und bald darauf wieder getrennt. Eine ähnliche Erscheinung stellte PISEK (1924) bei *Arceuthobium oxycedri* fest. In früher Diakinese konjugieren dort die Chromosomen, je mehr sie aber ihre endgültige Gestalt annehmen, um so selbständiger werden sie, doch verlieren sie später die gegenseitige Bindung vollständig, während bei *Alectorolophus* in allen Stadien die zusammengehörenden Chromosomen einwandfrei zu erkennen sind. JARETZKY (1926) beobachtete bei *Rumex flexuosus* alle Übergänge von normaler Geminibildung zu vollständigem Ausbleiben der Bindung. Die entgegengesetzte Beobachtung machte RISSE (1928) bei Dipsacaceen. Hier tritt in früher Diakinese, wenn die Chromosomen ihre endgültige Gestalt noch nicht angenommen haben, die diploide Chromosomenzahl auf. Bald darauf vereinigen sich die Partner zu Gemini.

Bei *Alectorolophus* konnten die Stadien vor der Diakinese infolge der schlechten Fixierung leider nicht beobachtet werden, so daß sich über diese Erscheinung nichts Näheres aussagen läßt.

Im darauffolgenden Teilungsschritt ist die Kernwand bereits auf-

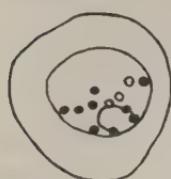


Abb. 2. Diakinese der Pollenmutterzelle von *A. ellipticus*. Die Partner liegen in geringer Entfernung voneinander. Vergr. 2000. — Reproduktion in Originalgröße

gelöst und der Nukleolus verschwunden (Fig. 3a), eine Spindel ist noch nicht zu erkennen. Diese Abbildung zeigt deutlich, daß ein Paar Chromosomen sich durch seine Kleinheit von den übrigen, die gleich groß sind, unterscheidet. Diese Erscheinung ist bei allen drei Formen auch in den folgenden Stadien häufiger zu beobachten. Die gepaarten Chromosomen rücken nun in die Metaphase ein (Fig. 3b und c), jetzt erscheint auch die Spindel deutlich, und zwar tritt sie sofort zweipolig auf. Auch BLEIER (1925) gibt für *Trifolium* und RISSE (1928) für Dipsacaceen an, daß die Spindel von Anfang an zweipolig ist. TISCHLER (1921/22) stellt diese Erscheinung, die auch noch an einigen andern Objekten beobachtet wurde, als Ausnahme hin. Vielleicht ist auch in diesen Fällen ein mehrpoliges, aber nur kurz andauerndes Stadium vorhanden, das leicht übersehen wird. Bei den kleinen Teilungsbildern des *Alectrolophus* ist es jedenfalls nicht ausgeschlossen, daß eine mehrpolige Spindel doch auftritt, da die Spindeln hier häufig nicht klar hervortreten.

Die Metaphase (Fig. 4a und b) zeigt wieder die vollständig selbständigen Partner. Ein Zählen war in diesem Stadium nicht möglich, da die Chromosomen eng aneinanderliegen und meistens unklare Bilder ergaben. Auch in der Diakinese eigneten sich die Bilder kaum zum Zählen, da die Gemini fast nie in einer Ebene liegen.

Die Chromosomen weichen nun ganz regelmäßig auseinander (Fig. 5a) und kommen gleichzeitig bei den Polen an (Fig. 5b). In Fig. 5b liegen zwischen den Chromosomen einige sehr kleine, dunkelgefärbte Körperchen, die sowohl in Reduktionsteilungen wie in somatischen Teilungen häufiger auftreten. Sie kommen sehr unregelmäßig vor, in ihrer Zahl

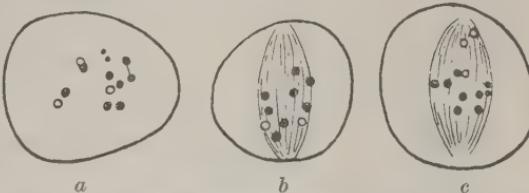


Abb. 3. Übergangsstadien von der Diakinese zur Metaphase. a Pollenmutterzelle der Wiesenform. Kernwand und Nukleolus sind verschwunden, eine Spindel ist noch nicht sichtbar. b Pollenmutterzelle der Wiesenform. c Polleumutterzelle des *A. ellipticus*. In Figuren b und c ist die sofort zweipolige Spindel bereits vorhanden. a und c zeigen je ein Paar kleine Chromosomen. Vergr. 2000. — Reproduktion in Originalgröße

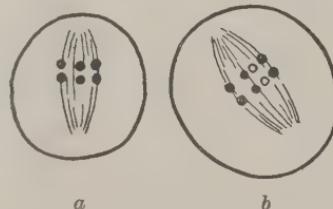


Abb. 4. Erste Metaphase: a des *A. ellipticus*, b der Wiesenform. In beiden Fällen ist die deutliche Trennung der gepaarten Chromosomen zu erkennen. Vergr. 2000. — Reproduktion in Originalgröße

sind sie sehr wechselnd, manchmal fehlen sie sogar ganz, auch zeigen sie zu den benachbarten Chromosomen keine konstante Lage. Sehr wesentlich ist auch, daß nie Verbindungsfäden zu den Chromosomen gefunden wurden. Es fehlen ihnen also alle für Trabanten charakteristischen

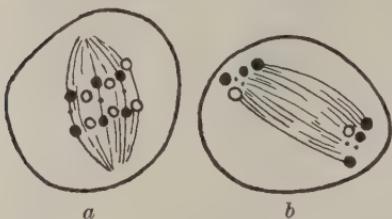


Abb. 5. a 1. Anaphase der Ackerform. Die Chromosomen weichen gleichzeitig auseinander. b 1. Telophase der Ackerform. Zwischen den Chromosomen sind kleine dunkelgefärbte Körperchen zu erkennen, die in allen drei Formen häufiger auftreten. Vergr. 2000. — Reproduktion in Originalgröße

Merkmale, wie sie DELAUNAY (1929) in seiner Arbeit über typische Chromosomenformen anführt. JARETZKY (1928) beobachtete bei *Neslia paniculata*, *Bunias orientalis* und *Bunias erucago* ähnliche Körperchen. Er glaubt, daß sie aus stärker zusammengeballter achromatischer Substanz bestehen. Bei größeren Körpern vermißt er die Tiefenausdehnung. Vielleicht sind die Körperchen bei *Alectrolophus* gleicher Natur, es ist ihnen wohl jedenfalls keine weitere Bedeutung zuzusprechen.

In der Interkinese (Fig. 6 a und b) tritt zum erstenmal mit voller Klarheit eine Einschnürung der Chromosomen auf, die den zweiten Teilungsschritt vorbereitet. Ganz im Gegensatze dazu wurde in den meisten Fällen die erste Anlage für die homoiotype Teilung schon viel früher beobachtet, im allgemeinen wird sie zwischen Synapsis und Diakinese verlegt. Doch auch JARETZKY (1926, 1928) fand bei *Rumex flexuosus*, *Conringia orientalis*, *Camelina sativa* und einigen Vertretern der Gattung *Arabis* erst in den Dyadenkernen den Längsspalt angelegt. Nach seiner Angabe soll SUGIURA dieselbe Beobachtung bei *Tropaeolum* gemacht haben.

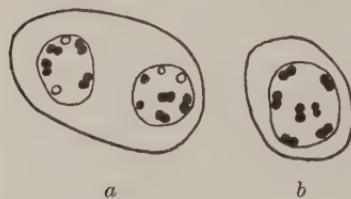


Abb. 6. Interkinese: a von *A. ellipticus*, b bei der Ackerform, von oben auf einen Kern gesehen. Das kleine Chromosom ist in b wieder sichtbar. Zum ersten Male zeigt sich hier eine starke Einschnürung der Chromosomen. Vergr. 2000. — Reproduktion in Originalgröße

Bei den kleinen Chromosomen von *Alectrolophus* ist es aber nicht unmöglich, daß eine nicht so deutliche Einschnürung übersehen ist; auch deutet die starke Abschnürung in den Dyaden eher darauf hin, daß sie schon in einem früheren Stadium begonnen hat. Fig. 6 b zeigt einen Dyadenkern von oben gesehen, hier läßt sich die Zahl der Chromosomen  $n = 7$  zwar gut feststellen, doch eigneten sich die Bilder der folgenden homoiotypen Phase am besten zum Zählen der Chromosomen. Diese Figur zeigt wieder deutlich das eine kleine Chromosom in Teilung.

Der zweite Teilungsschritt verläuft ebenfalls ganz regelmäßig. Die Übergangsstadien zur zweiten Metaphase waren so stark verklumpt, daß es unmöglich war, sie zu zeichnen. Dagegen sind die folgenden Phasen von besonderer Klarheit. Sowohl in der Metaphase, wie in Anä- und Telophase fanden sich gute, zum Zählen geeignete Platten. Bei allen drei Formen konnte die Zahl 7 einwandfrei festgestellt werden (Fig. 7a, 8a, b, c). In allen Fällen tritt auch hier das kleine Chromosom auf, das in Platten stets in der Mitte liegt.

Die Metaphase (Fig. 7a und b) zeigt die Chromosomen in derselben Form wie in der Interkinese. Die Spindeln sind auch hier gleich zweipolig, sie sind entweder parallel oder senkrecht zueinander.

Die Bildung der Tetraden erfolgt durch Einschnürung des Plasmas von außen her (Fig. 7b, 9, 10). Der Beginn der Einschnürung kann schon ziemlich früh erfolgen. Als frühestes Stadium wurde die Metaphase festgestellt. Diese Art der Tetradenbildung läßt sich also in dem von FARR (1916) benannten Furrowing-Typ einordnen.

## V. Reduktionsteilung der Embryosackmutterzelle

Die Untersuchungen der Embryosackmutterzelle beschränken

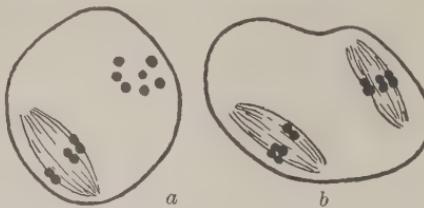


Abb. 7. 2. Metaphase. a von der Wiesenform, die Spindeln stehen senkrecht aufeinander. b der Ackerform, die Spindeln laufen parallel, die erste Einschnürung des Plasmas kann bereits in diesem Stadium erfolgen. Vergr. 2000. Reproduktion in Originalgröße

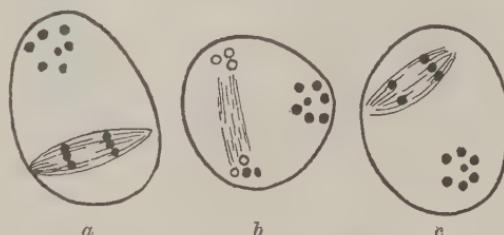


Abb. 8. a 2. Anaphase der Wiesenform, b 2. Telophase der Ackerform, c 2. Anaphase des *A. ellipticus*. Bei allen drei Formen ergibt sich deutlich  $n = 7$  als haploide Zahl. In jeder Platte liegt in der Mitte das kleine Chromosom. Vergr. 2000. — Reproduktion in Originalgröße

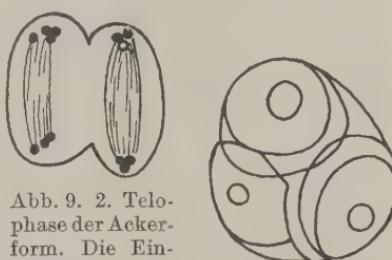


Abb. 9. 2. Telophase der Ackerform. Die Einschnürung tritt hier bereits stärker hervor. Vergr. 2000. — Reproduktion in Originalgröße

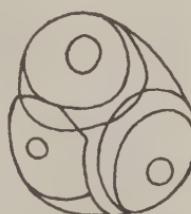


Abb. 10. Fertige Tetraden der Ackerform. Vergr. 2000. — Reproduktion in Originalgröße

sich auf *Alectrolophus ellipticus*, da von dieser Form am meisten brauchbares Material vorhanden war. Bei der Ackerform war von Anfang an auf die Untersuchung der Makrosporenmutterzelle verzichtet, da hier nur wenig Material zur Verfügung stand, das dann auch zum Studium der Entwicklung der Pollenmutterzellen verbraucht wurde. Bei der Wiesenform war dagegen reichlich Material eingesammelt, doch zeigte es sich im Laufe der Untersuchung, daß die beiden Reduktionsteilungen fast zu gleicher Zeit stattfinden. In den Antheren finden wir Tetraden, wenn in der Embryosackmutterzelle die Reduktionsteilung erfolgt. Dazu kam, daß für die beiden Teilungen Schnittdicke und Schnittrichtung verschieden sind, so daß die Präparate nicht für beide Zwecke gleichzeitig verwandt werden konnten. Bei der Wiesenform war daher das Material bereits für die Pollenmutterzellen verbraucht.

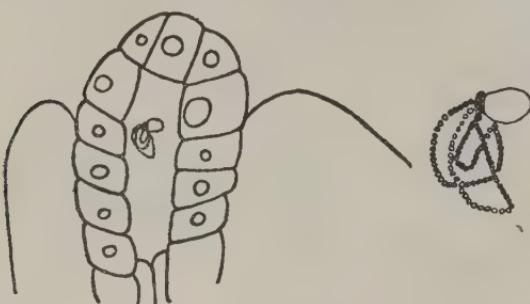


Abb. 11. Auflockerung der Fäden nach der Synapsis in der Archesporzelle des *A. ellipticus*. Vergr. des Übersichtsbildes 620. Vergr. des danebenstehenden Teilungsstadiums 2000. — Re- produktion in Originalgröße

duktionsteilung erfolgt in der Archesporzelle selbst. SCHMID gibt in seinen „Beiträgen zur Entwicklungsgeschichte der Scrophulariaceen“ für *Alectrolophus hirsutus* ALL. auch nur eine Archesporzelle an, aus der die Tetraden hervorgehen, während er bei andern Scrophulariaceen verschiedentlich zwei Archesporzellen gefunden hat. Die zytologischen Verhältnisse wurden von diesem Forscher nicht berücksichtigt. In jedem Fruchtknoten sind nur wenige Samenanlagen vorhanden, es ist daher hier sehr viel schwieriger als bei der Teilung der Pollenmutterzellen, Teilungsstadien zu erhalten. Daher habe ich den Verlauf der Entwicklung nicht in allen Stadien verfolgen können.

Die Fixierung ist in der Archesporzelle bei weitem besser gelungen als in den Pollenmutterzellen. Ein klares Bild zeigt ein Stadium kurz nach der Synapsis (Fig. 11), die perlenschnurartigen Fäden lockern sich hier auf. Leider war die Kernmembran hier nicht sichtbar. Doch ist wohl anzunehmen, daß es sich trotzdem um ein normales Bild handelt, um so mehr, als bei der Tetradenbildung selbst die Zellmembran nicht

immer deutlich zu erkennen ist. Die Diakinese in Fig. 12 zeigt die Kernmembran um so besser. Auch hier ist der Nukleolus noch erhalten, und die Partner haben sich genau so wie in den Pollenmutterzellen gepaart, ohne sich zu vereinigen. Das kleine Chromosomenpaar ist hier auf dem Nukleolus klar zu erkennen. Der Schnitt geht in diesem Bilde schräg durch die Archesporzelle, die vorderen und hinteren nur schwach gezeichneten Zellen gehören anderen Ebenen an.

Fig. 13 zeigt bereits die beginnende Anaphase, die Reduktionsteilung ist hier schon vollzogen. Auch hier scheint die Teilung regelmäßig zu verlaufen.

Beim zweiten Teilungsschritt wurden die beiden Metaphasen in einem guten Schnitt in einer Ebene getroffen (Fig. 14). Die Chromosomen selbst treten in diesem besonders günstigen Schnitt leider nicht in gewünschter Deutlichkeit hervor, da sich hier die noch später zu besprechenden Degenerationserscheinungen unangenehm bemerkbar machen.

Die Teilung verläuft in derselben Richtung wie beim ersten Teilungsschritt, so daß also die Tetradenkerne (Fig. 15) linear hintereinander liegen. Die lineare Anordnung ist ja in der Samenknospe die Regel. Während in Fig. 14 keine Zellwand zwischen den beiden Metaphasen zu entdecken war, sieht man

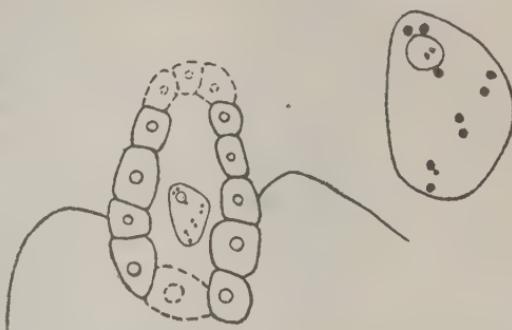


Abb. 12. Diakinese in der Archesporzelle des *A. ellipticus*. Auch hier liegen die gepaarten Chromosomen in geringem Abstand voneinander. Auf dem Nukleolus ist das kleine Paar zu erkennen. Vergr. des Übersichtsbildes 620. Vergr. des Teilungssstadions 2000. — Reproduktion in Originalgröße



Abb. 13. 1. Anaphase in der Archesporzelle von *A. ellipticus*. Vergr. des Übersichtsbildes 620. Vergr. des Teilungsschrittes 2000. — Reproduktion in Originalgröße

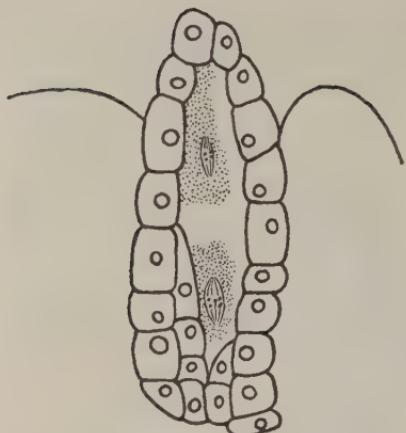


Abb. 14. 2. Metaphase in der Archesporzelle des *A. ellipticus*. Eine Scheide-  
wand zwischen den beiden Teilungs-  
stadien, war nicht zu erkennen. Vergr.  
620. — Reproduktion in Originalgröße.

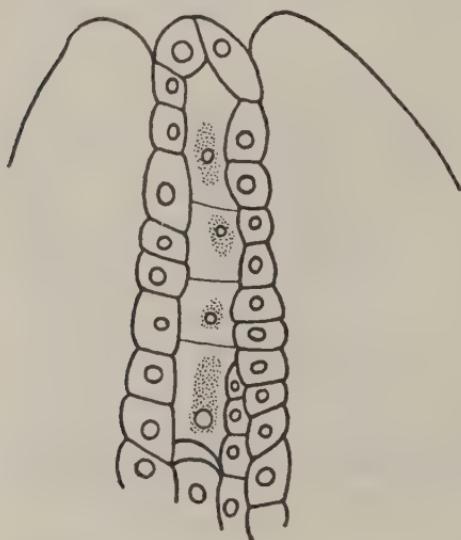


Abb. 15. Tetradsen in der Samenanlage von  
*A. ellipticus*. Der hintere Kern ist am größten.  
Die Integumente sind im Laufe der Reduktionsteilung weit nach vorn gewachsen.  
Vergr. 620. — Reproduktion in Originalgröße.

sie bei den fertigen Tetraden klar als zarte Membranen. Der letzte Kern zeichnet sich vor den andern durch seine Größe aus. Er wird, nachdem die drei vorderen Kerne degeneriert sind, zum primären Embryosackkern.

Eine günstige Platte in Polansicht zum Zählen der Chromosomen wurde nicht getroffen. Findet man in den Archesporzellen doch überhaupt selten Teilungsstadien, wieviel mehr bleibt es dem Zufall überlassen, daß ein Schnitt genau quer durch eine Teilungsfigur geht. Doch konnte an Schnitten, die schräg durch frühe Anaphasen der Sporenmutterzellen führten, einmal die

Zahl 13 und einmal 14 festgestellt werden, so daß auch hier 7 als haploide Zahl anzunehmen ist. Auch Fig. 12 läßt sich zum Zählen heranziehen. Bei zwei Chromosomen fehlen die Partner, doch sind sie soweit voneinander entfernt, daß sie kein zusammengehörendes Paar vorstellen können. Unter dieser Annahme wird auch hier die Zahl  $n=7$  bestätigt.

Versuche, in den folgenden Entwicklungsstadien, die zur Bildung des Eiapparates führen, noch Teilungen zu finden, waren vollständig erfolglos. In etwas größeren Knospen wurden bereits die fertigen Embryosäcke gefunden. Diese Entwicklung muß sich also wohl sehr rasch vollziehen.

Wie aus den aufeinanderfolgenden Zeichnungen (Fig. 11 bis 15) ersichtlich ist, wachsen die Integumente im Laufe der Entwicklung immer mehr nach vorn, bis sie schließlich vorn zusammenstoßen und den Embryosack ganz einschließen.

## VI. Degenerationserscheinungen

Neben der teilweise schlechten Fixierung trat im Laufe der Arbeit noch ein sehr störendes Moment auf, nämlich Degenerationserscheinungen in den Pollenmutterzellen und Archesporzellen. Es erwies sich dabei als sehr wertvoll, daß die Knospen der verschiedenen Nodien getrennt fixiert waren; dadurch zeigte sich bald, daß die Degeneration in den einzelnen Nodien verschieden stark auftritt. Es wäre sogar eine noch weit genauere, den Stammbaum berücksichtigende Bestimmung des Materials wünschenswert gewesen, doch lag dies zunächst nicht im Plane der Arbeit, die vor allem an gut differenzierten Präparaten wirklich brauchbare Vergleiche des Chromosomenbestandes der drei Formen ermöglichen sollte.

Zunächst gewann man den Eindruck, als ob in vielen Präparaten die Färbung schlecht sei. Verglich man jedoch die Teilungen der Pollenmutterzellen bzw. der Archesporzellen mit den somatischen Teilungen derselben Präparate, so zeigte sich stets, daß die letzteren gut gefärbt waren. Dieser Vergleich allein wäre jedoch noch kein einwandfreier Beweis dafür gewesen, daß die Pollenmutterzellen degeneriert sind, denn die somatischen Zellen und Pollenmutterzellen sind so verschieden, daß die Möglichkeit gegeben ist, daß sie auch auf Färbemittel verschieden reagieren. Bei genauerer Untersuchung zeigten sich dann auch Unterschiede zwischen den Pollenmutterzellen in demselben Antherenfach, neben schlecht gefärbten waren in vielen Fällen auch gut gefärbte Zellen zu finden. Um vollständig sicher zu sein, daß diese Erscheinung nicht durch das Färbemittel verursacht war, wurde mit frischem Hämatoxylin weiter gearbeitet und zum Vergleich auch noch mit Karminessigsäure gefärbt. Zu diesem Zwecke wurden die Schnitte durch eine Knospe auf zwei Objektträger verteilt, die eine Hälfte wurde dann mit Hämatoxylin, die andere mit Karminessigsäure gefärbt. In beiden Fällen wurde dasselbe Resultat erhalten. Dazu kam noch, daß diese Erscheinung in den drei Formen ganz verschieden stark auftrat und innerhalb der einzelnen Formen in den Nodien verschieden war. Es ist also vollständig ausgeschlossen, daß es sich bei dieser Erscheinung um schlechte Färbung handelt, die Veränderungen müssen im organischen Substrat selbst liegen.

Am besten lassen sich diese Erscheinungen in den Pollenmutterzellen verfolgen, da hier stets eine größere Menge zum Vergleich vorhanden ist. In allen Fällen zeigt sich die Änderung zunächst nur im Plasma, bei stärkerer Degeneration scheinen dann auch Kerne und Chromosomen geändert. In der noch ruhenden Pollenmutterzelle ist im Normalfall das

Plasma fein gekörnelt und manchmal leicht mitgefärbt. Der Kern ist durch die Kernwand deutlich vom Plasma getrennt, von dem farblosen Kerninhalt heben sich Nukleolus und das meist zusammengeballte Chromatin klar ab. In der leicht degenerierten Zelle ist nur das Plasma verändert, es ist grobkörnig und läßt sich beim Differenzieren nicht mehr entfärbten, der Kern dagegen ist vollständig unverändert. In einem vorgeschrittenen Stadium der Veränderung greift die Degeneration auch auf den Kern über. Die Kernwand ist kaum noch zu erkennen, der Kerninhalt ist auch grobkörnig geworden, nur Nukleolus und Chromatin heben sich noch von dem grobkörnigen Plasma ab. Ähnlich sind die Erscheinungen während der Reduktionsteilung. Im Teilungsverlauf der Chromosomen wurden in keinem Fall auch in den stark degenerierten Zellen

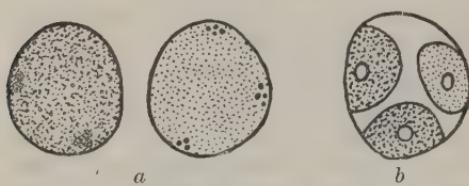


Abb. 16. Degenerationserscheinungen.  
a 2 Pollenmutterzellen der Wiesenform während des 2. Teilungsschrittes: rechts eine normale Zelle mit feingekörneltem Plasma; links eine Zelle mit degeneriertem Plasma, die Chromosomen sind nur schwach kenntlich. b Tetradsen der Ackerform, 2 Zellen mit degeneriertem Plasma, 1 normal. Vergr. 1200. — Reproduktion in Originalgröße

Störungen beobachtet, wie sie besonders bei Bastardformen häufig vorkommen. Auch hier handelt es sich zunächst allein um Änderungen im Plasma. Es wird auch jetzt wieder grobkörnig und ist mehr oder weniger stark mitgefärbt. Die Chromosomen treten anfangs noch ganz deutlich hervor, mit zunehmender Degeneration sind sie im Plasma immer schlechter zu erkennen. Fig. 16a zeigt zwei Pollenmutterzellen der

Wiesenform während des zweiten Teilungsschrittes. Die Zelle rechts hat normales Plasma, die Chromosomen treten klar hervor; links ist das Plasma grobkörnig und die Chromosomen nur noch schwach kenntlich. Den besten Beweis dafür, daß die Veränderungen nur im Plasma selbst liegen können und nicht durch schlechte Färbung hervorgerufen sind, geben die Tetradsen. Hier sind häufig in demselben Tetradenverbande gute und degenerierte Zellen nebeneinander (Fig. 16b). In Fig. 16b ist nur das Plasma degeneriert, die Kerne sind noch vollständig normal. Im fertigen Pollen verläuft die Degeneration wie in den ruhenden Pollenmutterzellen. Wieder ist zunächst nur das Plasma degeneriert, später wird dann auch der Kern angegriffen. Dazu kommt, daß der stark degenerierte Pollen größer ist als der normale, auch treten Änderungen in der Form überhaupt auf. Der stark degenerierte Pollen ist oft dunkelblau gefärbt, der Kern ist kaum noch zu erkennen, daneben kommen gelb gefärbte Pollen vor, in denen der Kern überhaupt nicht mehr wahrzunehmen ist. Als Endglied ist wohl der öfter auftretende, geplatzte Pollen anzusehen. In manchen

Fällen tritt auch stark geschrumpfter Pollen auf. Vielleicht war in diesem Fall die Degeneration bereits in den Tetraden sehr weit fortgeschritten. Daneben besteht auch die Möglichkeit, daß es sich hier um Pollenmutterzellen handelt, die schon so stark degeneriert waren, daß sie die Reduktionsteilung nicht mehr durchführen konnten. Einwandfrei läßt sich diese Frage nicht lösen, da die in Betracht kommenden Zellen zu stark geschrumpft sind. Einmal in Teilung befindliche Zellen vollenden anscheinend ihre Teilung noch, denn in größeren Knospen wurden nie Teilungsstadien gefunden.

Charakteristisch für diese Degenerationerscheinung ist also, daß sie im Plasma beginnt. Dadurch unterscheidet sie sich wesentlich von den bisher bekannten Störungen in den Pollenmutterzellen. Das Tapetum ist bis zur Bildung der Pollen noch vollständig erhalten. Es hat also keinen Anteil an der Degeneration, während in anderen Fällen gerade vom Tapetum die ersten Änderungen ausgehen, wie z. B. OEHLKERS

(1927) für einige Bastarde von *Oenothera* zeigt. Die Reduktionsteilung verläuft hier bis zur Tetradenbildung vollständig normal. Dann treten Änderungen auf, die zunächst in der Tapetenschicht zum Ausdruck kommen und schließlich zur völligen Zerstörung der Tetraden und Pollen führen. JARETZKY (1926) fand Ähnliches bei einem Nichtbastard: *Rumex flexuosa*. Auch hier geht die Zerstörung vom Tapetum aus. Doch setzt die Änderung hier schon ein, wenn die Pollenmutterzellen sich in den ersten Teilungsstadien befinden. Etwas abweichend verhalten sich die Tetraden. In sonst normalen Antheren setzt im Tetradenverbande die Degeneration ein, also ähnlich wie bei *Alectrolophus*. Doch wird bei *Rumex* zunächst der Kern zerstört und dann das Plasma angegriffen, während bei *Alectrolophus* erst das Plasma degeneriert und dann der Kern verändert wird.

Im Embryosack verläuft bei *Alectrolophus* die Degeneration, soweit sie hier verfolgt werden konnte, in gleicher Weise. In einem Fall wurde eine besondere Erscheinung beobachtet (Fig. 17). Die vegetativen Zellen

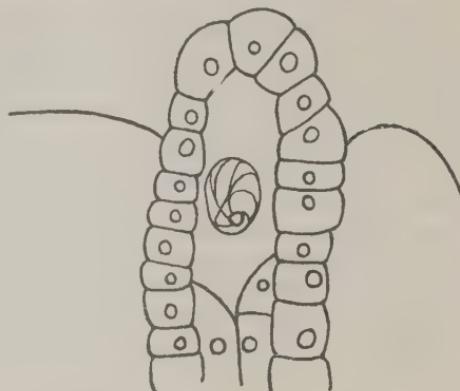


Abb. 17. Teilungsbeginn in der Archesporzelle des *A. ellipticus*. Die vegetative Entwicklung ist schon weiter vorgeschritten, während die Reduktionsteilung in den Anfängen steckengeblieben ist. Vergr. 620. — Reproduktion in Originalgröße

sind im Vergleich zu den Verhältnissen in Fig. 11 und 13 viel weiter fortgeschritten. Die Reduktionsteilung dagegen steckt hier noch in den ersten Anfängen. Wahrscheinlich ist der Kern in diesem Stadium stecken geblieben und entwickelt sich nicht mehr weiter, während das vegetative Wachstum unbehindert weiterging. Dieser Fall steht jedoch ganz einzeln da, in den Pollenmutterzellen gewinnt man eher den Eindruck, als ob eine einmal begonnene Teilung auch noch zu Ende geführt wird.

Wie schon erwähnt, tritt die Degeneration bei den drei Formen verschieden stark auf. Am stärksten ist sie beim *A. ellipticus*. In den obersten und mittleren Nodien waren hier alle Pollen degeneriert, doch war die Degeneration in den mittleren Nodien nicht ganz so stark wie in den oberen. Etwas besser gestalteten sich die Verhältnisse in den unteren Nodien. Im Durchschnitt war hier die Hälfte der Pollen normal.

Ein wesentlich anderes Bild zeigte die Wiesenform. Leider war hier überhaupt nur wenig geeignetes Material gefunden. Unter 14 Präparaten waren 5, die nur normale Pollenmutterzellen enthielten, in den übrigen traten Degenerationserscheinungen auf, doch überwogen auch hier bei weitem die normalen Zellen. In wenigen Fällen fanden sich in den einzelnen Loculi ausschließlich degenerierte Zellen. In den verschiedenen Nodien traten kaum Unterschiede hervor.

Bei der Ackerform ist zunächst zu berücksichtigen, daß sie bereits durch mehrere Generationen durch Inzucht vermehrt ist. Die hier erhaltenen Resultate lassen sich also nicht mit denen der beiden anderen Formen, deren Stammbaum völlig unbekannt ist, vergleichen. Doch ist es hier von Interesse, zu untersuchen, wie sich die Haupt- und Nebenachsen voneinander unterscheiden. In den untersuchten Nodien der Hauptachse war die Degeneration überall gleich stark. In einigen Knospen waren die Pollenmutterzellen vollständig degeneriert, in den übrigen war etwa die Hälfte normal. In den Seitenachsen war die Degeneration stärker. Am stärksten war sie hier im zweiten Nodium. Die ersten Blüten treten in den Seitenachsen erst im zweiten Nodium auf, doch bleiben die Blüten dieses Nodiums leicht auf den verschiedenen Entwicklungsstufen stecken. Im dritten und vierten Nodium verschiebt sich das Verhältnis etwas zugunsten des normalen Pollens, doch in den folgenden Nodien nimmt die Degeneration wieder zu.

## VII. Zusammenfassung

1. Die drei untersuchten Saisonformen des *Alectorolophus hirsutus*: *Alectorolophus hirsutus* ALL. — im engeren Sinne —, *Alectorolophus arvensis* SEML. und *Alectorolophus ellipticus* HAUSSKN. zeigen in ihrem Chromosomensatz vollständige Übereinstimmung.

2. In den somatischen Teilungen sind die Chromosomen länglich und meist leicht gebogen. Die diploide Zahl beträgt 14.

3. Die Reduktionsteilung der Pollenmutterzellen verläuft vollständig regelmäßigt, nur zeigen die Partner in der Diakinese ein ziemlich selbständiges Verhalten. Die Haploidzahl ist 7. 6 Chromosomen sind gleich groß, das 7. ist kleiner und liegt in Platten stets in der Mitte.

4. Die Reduktionsteilung der Embryosackmutterzelle wurde nur bei *Alectorocephalus ellipticus* verfolgt. Sie verläuft ganz regelmäßig, die Partner in der Diakinese verhalten sich genau so wie in den Pollenmutterzellen.

5. Es ist eine auffallende Degeneration bei den Mikro- wie auch bei den Makrosporenmutterzellen und während ihrer Teilungen zu beobachten. Die Degeneration bezieht sich hauptsächlich auf das Plasma und scheint Chromosomengestaltung und -verlagerung zunächst nicht zu beeinflussen, ist aber auf keinen Fall auf chromosomale Unregelmäßigkeiten zurückzuführen. Sie tritt bei allen drei Formen auf, doch ist ihre Häufigkeit sehr verschieden. Am stärksten ist sie beim *A. ellipticus* und hier wieder am stärksten in den obersten Nodien. Die Wiesenform hat sehr wenig degenerierte Pollenmutterzellen. Diese beiden Formen stammen aus dem Freilande, ihr Stammbaum ist unbekannt. Die Ackerform dagegen wurde nur an Individuen untersucht, die durch mehrere Generationen durch Inzucht gewonnen worden waren, sie zeigte die Degenerationserscheinungen wieder stärker, und zwar besonders an den Seitenachsen.

#### Literatur

- <sup>1</sup> **Baliczka-Iwanowska G.** (1899) Contribution à l'étude du sac embryonnaire chez certains Gamopetales. *Flora*, Bd. 86.
- <sup>2</sup> **Bleier H.** (1925). Chromosomenstudien bei der Gattung *Trifolium*. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. 64.
- <sup>3</sup> **Dalla Torre und Sarnthein** (1912). Die Farn- und Blütenpflanzen von Tirol, Vorarlberg und Liechtenstein. 3. Teil. Innsbruck 1912.
- <sup>4</sup> **Delaunay L. N.** (1929). Kern und Art. Typische Chromosomenformen. *Planta*, 7, 1929.
- <sup>5</sup> **Farr C. H.** (1916). Cytokinesis of the pollenmother-cells of certain Dicotyledones. *Mem. New York bot. Garden*, Bd. 6 (zitiert nach RISSE).
- <sup>6</sup> **Heitz E.** (1916). Der Nachweis der Chromosomen. Vergleichende Studien über ihre Zahl, Größe und Form im Pflanzenreich. *Zeitschr. f. Bot.*, 1926.
- <sup>7</sup> **Heitz E.** (1927a). Chromosomen und Gestalt bei *Antirrhinum* und verwandten Gattungen. *Planta*, Bd. 4.
- <sup>8</sup> **Heitz E.** (1927b). Über multiple und aberrante Chromosomenzahlen. *Abh. des naturwissenschaftl. Vereins zu Hamburg*, Bd. 21.
- <sup>9</sup> **Huber A.** (1926). Beiträge zur Klärung verwandtschaftlicher Beziehungen in der Gattung *Veronica*. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. 66.
- <sup>10</sup> **Jaretsky R.** (1926). Die Degenerationserscheinungen in den Blüten von *Rumex flexuosus*. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. 66.
- <sup>11</sup> **Jaretsky R.** (1928). Untersuchungen über Chromosomen und Phylogenie bei einigen Cruciferen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. 68.
- <sup>12</sup> **Karsten G.** (1915). Über embryonales Wachstum und seine Tagesperiode. *Zeitschr. f. Bot.*, Bd. 7.

<sup>13</sup> Kuhn E. (1926). Zur Zytologie von *Thalictrum*. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 68.

<sup>14</sup> Nawaschin S. (1928). Zellkerndimorphismus bei *Galtonia candicans* und einigen verwandten Monokotylen. Ber. d. D. bot. Ges., Bd. 55.

<sup>15</sup> Oehlkers Fr. (1927). Entwicklungsgeschichte der Pollensterilität einiger Oenotheren. Zeitschr. f. ind. Abst. u. Vererbungslehre, Bd. 43.

<sup>16</sup> Pisek A. (1924). Antherenentwicklung und meiotische Teilung bei der Wacholdermistel (*Arceuthobium oxycedri*); Antherenbau und Chromosomenzahlen von *Loranthus europaeus*. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. 133.

<sup>17</sup> Risse K. (1928). Beiträge zur Zytologie der Dipsacaceen. Bot. Arch., 23.

<sup>18</sup> Schmid E. (1926). Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der *Scrophulariaceae*. Beih. z. bot. Zentralbl., Bd. 20.

<sup>19</sup> Sperlich A. (1926). Phyletische Potenz. Fortschritte der Landwirtschaft I, H. 6 (Eine zusammenfassende Darstellung der bisherigen Veröffentlichungen.)

<sup>20</sup> Sterneck J. v. (1901). Monographie der Gattung *Alectrolophus*. Abh. d. zool.-bot. Ges. in Wien, 1, 1901.

<sup>21</sup> Tischler G. (1921/22). Allgemeine Pflanzenkaryologie. Im Handbuch der Pflanzenanatomie, Bd. II.

<sup>22</sup> Tischler G. (1927). Pflanzliche Chromosomenzahlen. Tab. Biol., Bd. 4. Junk, Berlin.

<sup>23</sup> Tischler G. (1928 a). Über die Verwendung der Chromosomenzahl für phylogenetische Probleme bei den Angiospermen. Biol. Zentralbl., Bd. 48.

<sup>24</sup> Tischler G. (1928 b). Über die zytologischen Phänomene bei der Gonosterilität der Angiospermen. Österr. bot. Zeitschr., Bd. 77.

## Besprechung

**Persidsky B. M. The Development of the auxospores in the group of the Centricae (Bacillariaceae).** Moskau (Selbstverlag), 1929. 8°. 16 Seiten, 1 Doppeltafel.

Der Verfasser untersuchte die Auxosporenbildung von *Chaetoceras boreale* und *Ch. densum*. Beide Arten stimmen in ihrem Verhalten im wesentlichen überein. Der Kern macht ein Synapsis- und ein Diakinesestadium durch und teilt sich in zwei Tochterkerne, die eine abermalige Teilung erfahren. Von den vier Kernen gehen zwei zugrunde, während die anderen beiden miteinander kopulieren. Somit liegt also Autogamie vor. Nach dem Verfasser stellt sich der Formwechsel der zentrischen Diatomeen in folgender Weise dar: Die vegetativen Zellen sind diploid und erfahren vor der Auxosporenbildung eine Reduktionsteilung; die Zygote wächst zur Auxospore heran. Hiemit ist vollkommene Parallelität mit dem Verhalten der *Pennatae* festgestellt. Die Mikrosporen, welche bisher (hauptsächlich von KARSTEN und P. SCHMIDT) als Gameten angesprochen wurden, sind Zoosporen. Tatsache ist, daß eine Kopulation der Mikrosporen niemals beobachtet wurde. Mit Recht weist der Verfasser auf die vollkommen ungenügende Art der bisherigen Darstellungen hin. P. SCHMIDT hat (im Gegensatz zu KARSTEN) die zentrischen Diatomeen als Diplobionten angesprochen, stimmt also hierin mit Verfasser überein; Verfasser weist aber mit Recht auf die wenig überzeugende Untersuchungsweise dieses Autors hin. P. SCHMIDT spricht die Teilungen vor der Mikrosporenbildung als Reduktionsteilung an, und zwar auf Grund spärlichen Materials und — nach Ansicht des Referenten — infolge verfehlter Interpretation cytologischer Bilder. Dies gilt auch von den letzten Arbeiten SCHMIDTS, die dem Verfasser noch nicht bekannt waren. Es ist sehr zu bedauern, daß KARSTEN diese Darstellung in ein Werk von der Bedeutung der ENGLER-PRANTLSchen „Natürlichen Pflanzenfamilien“ aufgenommen hat. Wenn auch die hier referierte Arbeit infolge der geringen Größe der Objekte und besonders infolge der Kleinheit der Kernteilungsfiguren nicht die Abrundung besitzt, welche man von einer solchen Darstellung fordern müßte, so stellt sie doch das Beste dar, was über dieses Thema bekannt ist und erscheint in ihren Ergebnissen vollkommen gesichert. Die neuen Untersuchungen HOFKERS über die Mikrosporenbildung von *Coscinodiscus* waren dem Verfasser nicht bekannt. Es fehlt daher eine Auseinandersetzung mit dessen Auffassung, daß die Reduktionsteilung bei der Mikrosporenbildung erfolgt. Ref. erscheinen die Angaben dieses Autors zwar diskutabel, aber durch das Bildmaterial in keiner Weise bewiesen oder auch nur wahrscheinlich gemacht. Vorläufig ist aber jedenfalls die Möglichkeit offen zu lassen, daß es außer dem Verhalten von *Chaetoceras* bei den zentrischen Diatomeen noch andere Typen des Formwechsels gibt.

L. GEITLER (Wien)

## Akademien, Botanische Gesellschaften, Vereine, Kongresse usw.

### Zweiter Internationaler Kongreß für Bodenkunde

Der genannte Kongreß findet in der Zeit vom 20. bis 31. Juli 1930 in Rußland statt, u. zw. während der ersten sechs Tage in Leningrad, dann in Moskau. Anschließend wird eine 29-tägige Rundexkursion über sämtliche Bodenzenonen des europäischen Rußland veranstaltet. Anmeldungen sind zu richten an Prof. Dr. YARLOV, Moskau, Karunskaja 1 Gosplan.

## Botanische Sammlungen, Museen, Institute usw.

### Geobotanisches Forschungsinstitut Rübel

Das genannte Institut in Zürich, welches seit dem Jahre 1918 besteht und bisher im Wohnhause des Herrn Prof. Dr. EDUARD RÜBEL untergebracht war, ist in ein neugebautes eigenes Institutsgebäude (Zürichbergstraße 38) übergesiedelt, welches am 7. Dezember 1929 feierlich eröffnet wurde.

### Neuere Exsikkatenwerke

BRAUN-BLANQUET J. Flora Raetica exsiccata. Lief. 11 (Nr. 1001—1100). 1929.

BRENCLE J. F. *Fungi Dakotenses*. Fasc. 27 (Nr. 651—675). 1929.  
HERING M. Minenherbarium. Lief. 1 (Nr. 1—20). 1929.

HÖPPNER H. *Orchidaceae exsiccatae*. Mitteleuropäische Orchideen. Fasc. 5 (Nr. 101—125). 1929.

PODPERA J. Flora exsiccata Reipublicae Bohemicae Slovenicae, edita ab Instituto Botanico universitatis Brno, Moraviae (Č. S. R.). Cent. V. 1930.

TOEPFFER A. *Salicetum exsiccatum*. Schlüßfazikel 15 (Nr. 701—772). 1929.

VERDOORN F. *Bryophyta Arduennae exsiccata*. Decas IV, V. 1929.

### Personalnachrichten

Professor Dr. GUSTAV HEGI ist von seiner Lehrstelle als außerordentlicher Professor der Botanik an der Universität München mit 30. März 1929 zurückgetreten; er wohnt dauernd in Goldbach-Küschnacht (Schweiz).

Regierungsrat KARL RONNIGER (Wien) wurde von der Bayerischen Botanischen Gesellschaft (München) zum korrespondierenden Mitglied ernannt.

DR. RUDOLF VON SOÓ (Tihány, Ungarn) wurde zum Professor der Botanik an der Universität Debrecen (Ungarn) ernannt.

Gestorben: Professor Dr. LOUIS CHARLES TRABUT (Alger) am 25. April 1929 im 76. Lebensjahr; Regierungsrat Prof. Dr. ALFRED BURGERSTEIN (Wien) am 11. November 1929 im 80. Lebensjahr; Ökonomierat HUGO M. MÜLLER (Wien), Ehrenpräsident des niederösterreichischen Landes-Obstbauvereines, am 3. Dezember 1929 im 94. Lebensjahr.

## Die „Österreichische Botanische Zeitschrift“

erscheint in einem Gesamtumfang von jährlich etwa 24 Bogen, in 4 einzeln berechneten Heften.

Zuschriften, welche den Bezug der Zeitschrift oder sonstige Verlagsangelegenheiten betreffen, sowie erledigte Korrekturen sind an den Verlag Julius Springer, Wien I, Schottengasse 4, zu richten; Manuskriptsendungen an den Herausgeber oder an die Schriftleitung der Österreichischen Botanischen Zeitschrift, Wien III, Rennweg 14.

Die Verfasser erhalten 50 Sonderabdrucke ihrer Arbeit kostenfrei. Über die Freiexemplare hinaus bestellte Exemplare werden berechnet. Die Herren Mitarbeiter werden jedoch in ihrem eigenen Interesse ersucht, die Kosten vorher vom Verlag zu erfragen.

Verlag Julius Springer

# Symbolae sinicae

Botanische Ergebnisse der Expedition der Akademie der Wissenschaften  
in Wien nach Südwest-China 1914/1918

Unter Mitarbeit von

Viktor F. Brotherus, Heinrich Handel-Mazzetti, Theodor Herzog, Karl Keissler,  
Heinrich Lohwag, William E. Nicholson, Siegfried Stockmayer, Frans Verdoorn,  
Alexander Zahlbrückner und anderen Fachmännern

Herausgegeben von

Heinrich Handel-Mazzetti

In sieben Teilen. Mit 30 Tafeln

Erschienen sind:

### IV. Teil: Musci

Von Viktor F. Brotherus

Mit 5 Tafeln. 152 Seiten. 1929. RM 28,80

### VI. Teil: Pteridophyta

Von Heinrich Handel-Mazzetti

Mit 2 Tafeln. 55 Seiten. 1929. RM 10,—

### VII. Teil: Anthophyta

Von Heinrich Handel-Mazzetti

1. Lieferung. Mit 3 Textabbildungen und 4 Tafeln. 209 Seiten. 1929. RM 36,—

Der 7. Teil umfaßt etwa 72 Bogen und erscheint in etwa 5 Lieferungen

In Vorbereitung befinden sich:

Teil I: **Algae**. Von Siegfried Stockmayer, Wien. — Teil II: **Fungi**.

Von Heinrich Lohwag, Wien, und Karl Keissler, Wien. — Teil III:

**Lichenes**. Von Alexander Zahlbrückner, Wien. — Teil V: **Hepaticae**.

Von William E. Nicholson, Lewes, Frans Verdoorn, Utrecht, und  
Theodor Herzog, Jena.

Die Abnahme eines Teiles verpflichtet zur Abnahme des Gesamtwerkes.

Verlag von Julius Springer in Wien I

# Handbuch der Bodenlehre

Bearbeitet von zahlreichen Fachgelehrten

Herausgegeben von

**Dr. E. Blanck**

o. ö. Professor und Direktor des Agrikulturchemischen und  
Bodenkundlichen Instituts der Universität Göttingen

*Das Werk wird 10 Bände umfassen, die voraussichtlich im Jahre 1930  
abgeschlossen vorliegen werden. Jeder Band ist einzeln käuflich*

Der erste Teil des „Handbuchs der Bodenlehre“ behandelt die allgemeine  
oder wissenschaftliche Bodenlehre und umfaßt die Bände I—VII. Die Bände  
VIII—X beschäftigen sich mit der angewandten oder speziellen Bodenkunde  
(oder Technologie des Bodens)

Erster Band:

## Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Lehre von der Entstehung des Bodens

Bearbeitet von E. Blanck, H. Fesefeldt, F. Giesecke, G. Hager,  
F. Heide, W. Meigen, S. Passarge, H. Philipp, J. Rehorst, L. Rüger  
Mit 29 Abbildungen. VIII, 335 Seiten. 1929. RM 27,—; gebunden RM 29,60

Zweiter Band:

## Die Verwitterungslehre und ihre klimatologischen Grundlagen

Bearbeitet von E. Blanck, K. Knoch, K. Rehorst, G. Schellenberg,  
J. Schubert, E. Wasmund

Mit 50 Abbildungen. VI, 314 Seiten. 1929. RM 29,60: gebunden RM 32,—

Dritter Band:

## Die Lehre von der Verteilung der Bodenarten an der Erdoberfläche, regionale und zonale Bodenlehre

Bearbeitet von E. Blanck, F. Giesecke, H. Harrassowitz, H. Jenny,  
G. Linck, W. Meinardus, H. Mortensen, A. v. 'Sigmond,  
H. Stremme

Mit 61 Abbildungen und 3 Tafeln. 550 Seiten. RM 54,—; gebunden RM 57,—

*In Vorbereitung befinden sich:*

Vierter Band: Aklimatische Bodenbildung, die Bodenformen Deutschlands  
und die fossilen Verwitterungsringe. — Fünfter Band: Der Boden als  
oberste Schicht der Erdoberfläche und seine geographische Bedeutung. —  
Sechster Band: Die physikalische Beschaffenheit des Bodens. — Siebenter  
Band: Der Boden in seiner chemischen und biologischen Beschaffenheit.  
— Achtter und neunter Band: Angewandte oder spezielle Bodenkunde  
(Technologie des Bodens). — Zehnter Band: Die Maßnahmen zur Kulti-  
vierung des Bodens.